МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

К. ГОДИНАР

СТЕРЕОФОНИЧЕСКОЕ РАДИОВЕЩАНИЕ



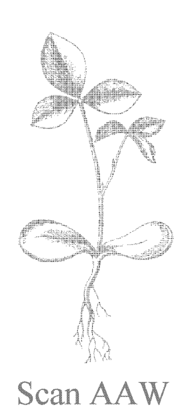
МАССОВАЯ
РАДИОБИБЛИОТЕКА

Вып. 865

К. ГОДИНАР

СТЕРЕОФОНИЧЕСКОЕ РАДИОВЕЩАНИЕ

Перевод с чешского





«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1974

6Ф1.3
Г 59
УДК 681.87 : 621.396.97

Годинар Карол

Г 59 Стереофоническое радиовещание. Пер. с чешск. М., «Энергия», 1974.
192 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 865).

Книга знакомит читателей с техникой стереофонической радиопередачи и приема. Основное внимание уделяется описанию схем и конструктивных особенностей стереофонических приемников и декодеров, а также методике их настройки и ремонта. В конце книги дается описание способов переделки обычных приемников для приема стереофонических радиопередач.

Книга предназначается для радиолюбителей, техников, специалистов по ремонту радиоаппаратуры и других лиц, интересующихся стереофоническим радиовещанием.

$Г\frac{30403\text{-}561}{051(01)\text{-}74}$ 298-74 6Ф1.3

Hodinar Karol
Stereofonni rozhlas
Praga. SNTL

Карол Годинар

Стереофоническое радиовещание

Редактор Л. М. Кононович
Редактор издательства Т. В. Жукова
Обложка художника А. А. Иванова
Технический редактор Г. Г. Самсонова
Корректор А. К. Улегова

Сдано в набор 17/IV 1974 г. Подписано к печати 10/IX 1974 г.
Формат 84×108 1/32. Бумага типографская № 2
Усл. печ. л. 10,08 Уч.-изд. л. 12,58
Тираж 30 000 экз. Зак. 163. Цена 64 коп.

Издательство «Энергия», Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА

Стереофоническое воспроизведение звука получило в Советском Союзе широкое признание. Наряду с воспроизведением стереофонических граммофонных и магнитных записей быстро развивается стереофоническое вещание. Утвержден Государственный стандарт на советскую систему стереофонического радиовещания. Ежедневные стереофонические радиопередачи ведутся во многих крупнейших городах нашей страны. Быстро растет количество выпускаемых стереорадиол, разнообразнее становятся типы приемной аппаратуры. В этих условиях естествен интерес, который проявляют к технике стереофонического радиовещания не только специалисты, но и широкие круги радиолюбителей и просто любителей музыки. Соответственно растет потребность в литературе, освещающей вопросы техники стереофонического вещания и особенно стереофонического радиоприема.

Книга К. Годинара «Стереофоническое радиовещание» предназначена в основном для радиолюбителей и работников радиомастерских. Основное внимание в ней уделено приемной части стереофонического радиотракта. Даны подробные указания по настройке и ремонту стереоприемников и стереодекодеров. Книга содержит описание ряда зарубежных моделей приемной и измерительной аппаратуры.

В ЧССР пока нет регулярного стереофонического вещания, а объем опытного вещания весьма ограничен. Поэтому автор в основном ориентируется на зарубежный опыт вещания по системе с пилот-тоном, которая принята в ряде западных стран и, вероятно, будет стандартизована в ЧССР.

В Советском Союзе принята другая система стереофонического радиовещания — система с полярной модуляцией. Тем не менее основной материал, содержащийся в книге К. Годинара, представляет интерес для советского читателя. Системы с полярной модуляцией и с пилот-тоном имеют много общих черт. Схемы кодеров и декодеров для обеих систем строятся в общем по одним и тем же принципам. Поэтому описания различных вариантов кодирующих и декодирующих устройств по системе с пилот-тоном, имеющиеся в книге К. Годинара, могут дать радиолюбителям богатый материал для творчества в области кодеров и декодеров по советской системе с полярной модуляцией.

Еще в большей степени это относится к схемам и конструктивным решениям трактов стереофонических приемников, которые практически одинаковы для обеих систем стереофонического вещания. Это относится также к методам измерений и измерительной аппаратуре.

Тем не менее существует и ряд особенностей, связанных с эксплуатацией в Советском Союзе системы с полярной модуляцией. Для того чтобы эти особенности не повлекли за собой ошибок при проектировании, эксплуатации или ремонте аппаратуры, в конце книги редактором добавлено приложение, в котором дано краткое описание системы с полярной модуляцией. В библиографию добавлены основные издания в области техники стереофонического вещания, вышедшие в Советском Союзе. Кроме того, при переводе книги сделаны незначительные сокращения за счет тех мест книги, которые не представляют интереса для советского читателя.

Л. М. КОНОНОВИЧ

СТЕРЕОФОНИЧЕСКОЕ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ЗВУКА

1. ПРИНЦИПЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ВОСПРИЯТИЯ ЗВУКА

Введение. В последние годы в развитии акустических устройств наблюдается стремление достичь наиболее точного воспроизведения музыки и речи, которое могло бы полностью заменить слушателю прямое участие в интересующей его программе (например, в театре, концертном зале и т. д.). В этом направлении были получены значительные результаты, прежде всего путем внедрения долгоиграющих грампластинок, усовершенствования бытовых магнитофонов и введения радиовещания с частотной модуляцией в диапазоне УКВ. Этим, а также использованием высококачественных усилителей низкой частоты и акустических систем достигается возможность точного воспроизведения речи и музыки. Удается достичь требуемого соотношения сигнал/шум и достаточного динамического диапазона воспроизведения, получить частотную характеристику во всем диапазоне звуковых частот, приспособленную к чувствительности человеческого уха, чем достигается правильное и совершенное звучание всех тонов.

Однако для абсолютно верного звукового восприятия, даже при выполнении всех приведенных предпосылок, все-таки чего-то не хватает. Даже у самого совершенного акустического оборудования, содержащего один канал передачи, звук исходит только из одной точки, в которой как бы сосредоточен источник звука. На самом деле на концерте, в театре и т. д. источники звука рассредоточены в пространстве, соединение же их в одну точку значительно ухудшает впечатление. Воспроизведение при этом, несмотря на все остальные совершенства, производит в какой-то мере нереальное впечатление, слушатель часто даже не осознает почему.

Способность органов слуха человека различать направление на источники звука известна более 40 лет. И столь же долго разработчики акустического оборудования стремятся решить эту проблему. Нужно отметить, что вместе с решением вопросов, касающихся пространственного воспроизведения, имеют место и другие проблемы, связанные с диапазоном воспроизводимых частот, динамикой и шумами. Несмотря на то, что многие патенты и предложения из области стереофонического воспроизведения звука существуют уже десятки лет, к их осуществлению смогли приступить только после решения этих важнейших проблем. Поэтому практическое использование и внедрение пространственного воспроизведения было осуществлено в низкочастотной аппаратуре (электрофоны, магнитофоны, кино) только в 1960 г., а в высокочастотной аппаратуре (радиовещание) еще позже.

Если необходимо сохранить пространственное восприятие звука, то недостаточно использовать только один канал передачи. Для обеспечения абсолютно совершенного пространственного восприятия при стереофоническом воспроизведении звука было бы необходимо воспринимать звуки оркестра большим количеством микрофонов, как показано на рис. 1, а каждый таким образом полученный сигнал передавать по своему каналу через усилитель в соответствующую систему громкоговорителей (или записать отдельно на магнитофонную ленту). Если какой-то музыкальный инструмент будет играть, например, где-то в левой части оркестра, то микрофоны левой стороны воспримут его звук наиболее сильно и соответствующие им громко-

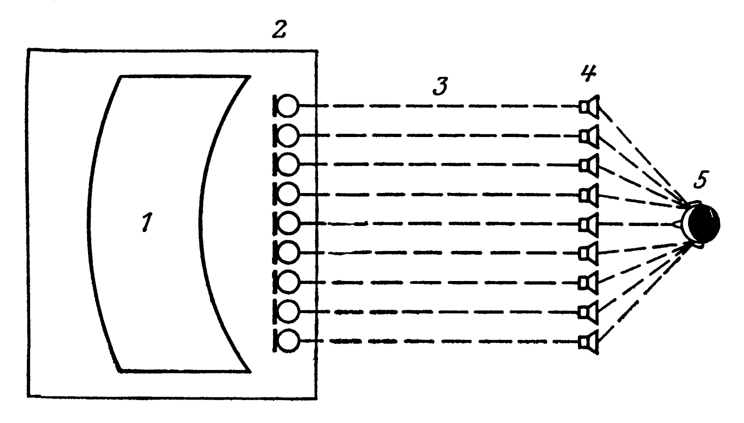


Рис. 1. Принцип многоканальной стереофонии.

1 — оркестр; *2* — микрофоны; *3* — линии связи; *4* — акустические системы; *5* — слушатель

говорители наиболее сильно воспроизведут этот звук. Остальные громкоговорители будут воспроизводить звук более слабо, примерно пропорционально расстоянию соответствующих микрофонов от данного музыкального инструмента. Слушатель сможет локализовать этот музыкальный инструмент как находящийся в точке наибольшей слышимости. На определение места, из которого звук исходил, кроме силы звука, влияет и фазовый сдвиг, обусловленный разницей во времени его прихода к микрофонам. Микрофоны, находящиеся близко от источника звука, воспринимают звук раньше, чем микрофоны удаленные. То же явление имеет место и у громкоговорителей на стороне слушателя.

Пространственное воспроизведение с помощью большого количества каналов передачи практически непригодно, поэтому необходимо сократить число каналов до величины, реальной с технической точки зрения. Но это неблагоприятно влияет на совершенство стереофонической локализации.

При малом количестве каналов уже нельзя определить направления на источник звука во всем пространстве с одинаковой точностью. Положение источника звука можно точно определить только в крайних точках или же в середине. При перемещении источника

звука может случиться, что вместо гладкого перехода этот источник будет перескакивать с одного места на другое, или же могут возникнуть звуковые паузы. Это особенно чувствуется в случае неправильного расстояния между микрофонами или громкоговорителями. На стороне воспроизведения снижение количества каналов передачи вызовет другое неблагоприятное явление, следствием которого является то, что слушатель не может в любом месте помещения точно определить направление на источник звука. На рис. 2 показана область, в которой можно правильно определить направление в случае трехканальной стереофонии. При увеличении количества каналов эта область расширяется, при двух каналах — сужается.

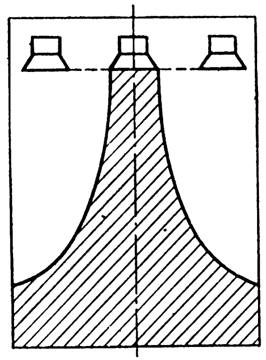


Рис. 2. Область, в которой можно осуществить правильную стереофоническую локализацию; при трехканальном воспроизведении она заполняет не все помещение, а только заштрихованную часть.

Количество каналов передачи, которое должно быть применено на практике, является, следовательно, компромиссом между совершенством оборудования, его сложностью и ценой. Там, где предъявляются особенно высокие требования к качеству звука (музыкальные театры, панорамные кинотеатры и т. д.), применяется стереофоническая передача по шести каналам, у которой еще сохраняется почти идеальная пространственная локализация. Очень хорошими свойствами обладает и трехканальная передача, дающая возможность совершенно точно определить источник звука слева, справа и посередине; трехканальная передача нашла применение прежде всего в широкоэкранном кино. Однако запись и передача по трем каналам является технически довольно сложной и дорогой. Поэтому в бытовой технике наиболее распространена двухканальная стереофония, которая, несмотря на то, что она технически менее совершенна, наиболее доступна для широкого круга слушателей. Здесь удалось технически относительно легко решить проблему записи двухканальной стереофонической звукопередачи на грампластинку и магнитофонную ленту и осуществить передачу по радио.

Физиологические основы стереофонического восприятия звука. Способность органов слуха определить направление на источник звука обусловлена объемностью восприятия звука (у человека имеется два уха), а также способностью мозгового центра обрабатывать полученную информацию и в соответствии с опытом правильно ее оценивать. Субъективные и объективные моменты, которые с этим связаны, до сих пор недостаточно исследованы, поэтому приведенные далее сведения и теории нельзя считать абсолютно точными.

По мнению большинства авторов, определению направления на источник звука способствует прежде всего разница в силе звука, достигающего каждое ухо, и разность фаз этих сигналов. Разница силы звукового сигнала, воспринимаемого обоими ушами, обусловлена неодинаковым расстоянием каждого уха от источника сигнала, а также наличием акустического экрана, которым является голова (рис. 3). Эта разница в силе звука наиболее ярко проявляется при близких источниках сигнала. Она прямо пропорциональна частоте. Эффективная локализация направления по разнице в силе звука

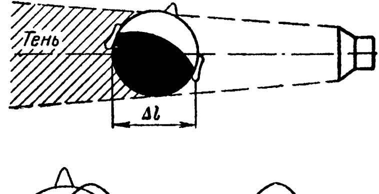


Рис. 3. Стереофоническому ощущению содействует прежде всего разница силы звука, воспринимаемого левым и правым ухом. Эта разница обусловлена акустическим экранирующим действием головы и разной удаленностью ушей от источника сигнала.

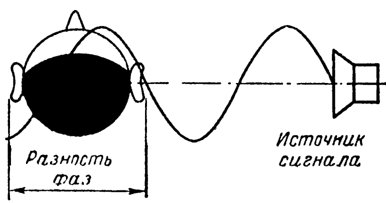


Рис. 4. Разность фаз сигналов, принятых обоими ушами, обусловленная их неодинаковым расстоянием от источника сигнала.

возможна в соответствии с результатами измерений при частотах свыше 500 Гц.

Разность фаз обусловлена разницей во времени достижения сигналом левого и правого уха (рис. 4). Между звуком, воспринятым обоими ушами, в соответствии с этим создается фазовый сдвиг периодического сигнала. Этот сдвиг мозговой центр оценивает как одно из составляющих информации о направлении на источник звука. Это действительно до тех пор, пока фазовый сдвиг не станет больше половины длины звуковой волны; при фазовом сдвиге, превышающем $\lambda/2$, наступает многозначность фазы, которая может вызвать ошибочную локализацию. Предположив, что расстояние между ушами составляет 15 см, можно считать, что многозначность фазы возникает при частотах свыше 1000 Гц (некоторые авторы приводят величину 2000 Гц). Из сказанного следует, что локализация чистых гармонических тонов довольно затруднительна. Во много раз легче можно обнаружить направление на более сложные звуки, содержащие широкую полосу частот.

Однако описываемая теория имеет свои пробелы, так, например, она вообще не объясняет способ локализации звуков, приходящих сверху или снизу и сзади.

Требования к каналам передачи. Чтобы стереофоническое воспроизведение звука было высококачественным, отдельные каналы передачи и вся стереофоническая аппаратура должны удовлетворять многим техническим требованиям. Каждый отдельный канал переда-

чи должен прежде всего удовлетворять всем требованиям высококачественного звукового оборудования. Амплитудно-частотная характеристика применяемых усилителей должна быть как можно более равномерной в диапазоне 30 Гц — 15 кГц. Это значит, что усилитель должен обеспечить равномерное усиление, а остальные части канала передачи должны обеспечить передачу всех частот указанного диапазона. Допустимое отклонение от равномерности в передаваемом диапазоне частот может составлять максимально ∓2—3 дБ.

Коэффициент гармоник должен быть меньше 2% (по возможности около 1%). Это достигается применением высококачественных микрофонов и акустических систем, а у усилителей — применением глубоких отрицательных обратных связей и двухтактных выходных каскадов.

Максимальная выходная мощность звуковоспроизводящей аппаратуры должна быть достаточной, чтобы охватить весь динамический диапазон передаваемого сигнала. Исследования показывают, что в обычных жилых помещениях следует рекомендовать максимальную выходную мощность 3—10 Вт.

Отношение уровня полезного сигнала к уровню шума должно быть не менее 40 дБ. Это довольно умеренное требование, следовало бы требовать величины около 45—50 дБ, так как при меньшем значении этого отношения шум влияет на тембр звука. При стереофоническом воспроизведении это может привести, в частности, к искажению информации о направлении.

Система микрофонов и акустическая система должны обеспечить преобразование акустических сигналов в электрические и наоборот во всем диапазоне звуковых частот, т. е. от 30 Гц до 15 кГц.

Соблюдение всех этих требований совершенно необходимо, так как при стереофоническом воспроизведении требуется для сохранения правильной локализации обеспечить неискаженную передачу даже самых незначительных различий между отдельными сигналами, передающими информацию о направлении.

У стереофонической аппаратуры следует обратить внимание и на форму фазочастотной характеристики канала передачи. Под влиянием неблагоприятной фазочастотной характеристики может возникнуть ошибочная локализация направления на источник звука. Однако опыт показывает, что это условие не является критическим, и поэтому оно мало учитывается. Это вызвано, по всей вероятности, тем, что хорошая амплитудно-частотная характеристика одновременно исключает и большие фазовые сдвиги и что эти сдвиги, если и встречаются, имеют место прежде всего на нижних частотах, которые для локализации направления несущественны. Как будет показано далее, в настоящее время на практике преобладает так называемая интенсивностная стереофония, у которой фазовым сдвигом вообще пренебрегают.

Кроме уже приведенных требований к стереофонической аппаратуре, добавляется необходимость полной идентичности параметров отдельных каналов передачи звука, а также максимального переходного затухания между этими каналами.

Параметры отдельных каналов передачи не должны отличаться друг от друга больше, чем на 2 дБ, что довольно трудно обеспечить, так как это очень жесткое требование.

Переходное затухание между каналами должно быть на частоте 1 кГц минимально 20 дБ, у более совершенного оборудования до

30 дБ. К сожалению, прежде всего у электрофонов, часто приходится удовлетворяться переходным затуханием, еще более низким.

Применение стереофонии на практике. В настоящее время наиболее распространена двухканальная стереофония: она применяется для электрофонов, магнитофонов, а также в радиовещании. Двухканальная стереофония будет более подробно описана в следующих разделах.

Трехканальная стереофония применяется прежде всего в общественных местах. Наиболее широкое применение она нашла в широкоэкранном 35-мм кино — звуковое сопровождение широкоэкранного фильма записывается на пленку на четырех магнитных дорожках. Три из них предназначены для нормальной трехканальной стереофонической передачи, четвертая дорожка используется для звуковых эффектов. Громкоговорители трех основных каналов размещены слева, справа и посередине за экраном, громкоговорители четвертого канала размещены в разных местах зрительного зала. Подобное размещение использует и «Латерна магика».

Еще большее число каналов (максимально шесть) применяется в высококачественной звуковой аппаратуре в музыкальных театрах, больших концертных залах и в панорамном кино: 70-мм панорамное кино имеет шестиканальное звуковое сопровождение. Оно записано на магнитной ленте и воспроизводится с помощью специального магнитофона с шестидорожечной системой воспроизведения, который синхронизирован с проекционным киноаппаратом.

Громкоговорители пяти основных каналов расположены за экраном, громкоговорители шестого канала (для звуковых эффектов) расположены в разных местах зрительного зала.

2. ДВУХКАНАЛЬНАЯ СТЕРЕОФОНИЯ

Введение. После рассмотрения всех возможностей применения стереофонического воспроизведения звука, т. е. его применения для записи на грампластинки, на магнитные ленты и для радиовещания, остановимся теперь на использовании двухканальной стереофонии. Несмотря на то, что двухканальная стереофония является предельным случаем стереофонической передачи (количество каналов является минимально возможным), она завоевала популярность прежде всего благодаря относительно простому с технической точки зрения и не слишком дорогому оборудованию. Несмотря на то, что трехканальная стереофоническая передача была бы значительно более совершенной, при ее реализации возникли бы некоторые проблемы, как, например, трудность записи трехканальной стереофонической передачи на грампластинку.

Принцип двухканальной стереофонической передачи показан на рис. 5. Здесь применяются, как уже подсказывает само название, два независимых канала передачи. Музыкальная программа оркестра в принципе воспринимается двумя самостоятельными микрофонами, усиливается и записывается или воспроизводится двумя самостоятельными системами громкоговорителей. Расстояние между микрофонами на стороне оркестра и громкоговорителями на стороне слушателя определяет ширину стереофонического пространства и должно было бы быть примерно одинаковым На стороне слушателя за пределами пространства между двумя громкоговорителями не может быть локализован никакой звук. При небольшом расстоя-

нии между громкоговорителями стереофоническая база будет малой и восприятие ухудшается, при большом расстоянии могут иметь место звуковые провалы и звук может перескакивать от одного громкоговорителя к другому.

Отдельные элементы канала передачи, т. е. микрофоны, усилители, громкоговорители, обозначаются в соответствии с тем, как их видит слушатель со своего места. Таким образом, говорят о громкоговорителе, микрофоне и усилителе правом или левом и обозначают их как правый громкоговоритель, левый микрофон и т. д.

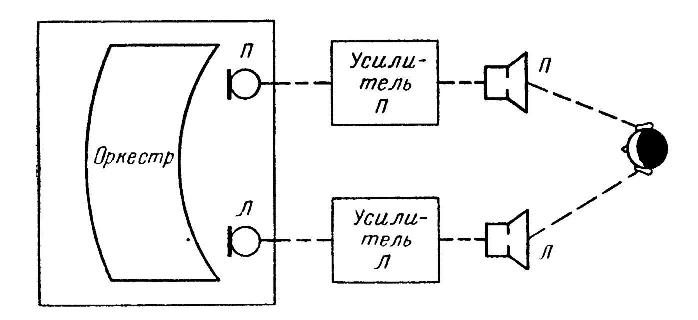


Рис. 5. Двухканальная стереофония.

Оборудование, которое применяется для каналов передачи, должно быть высококачественным и удовлетворять всем требованиям, приведенным в § 1.

Необходимо сразу же отметить, что для осуществления хорошего стереофонического воспроизведения звука следует в помещении произвести хотя бы минимальную акустическую обработку: оптимальное восприятие стереофонического воспроизведения звука может быть только у малой группы слушателей (два-три); о стереофоническом воспроизведении звука в небольших помещениях, меньше 16 м^2, нельзя вообще говорить. Стереофоническое воспроизведение звука оправдано только для больших оркестров и классической музыки. Для танцевальной музыки и малых джазовых оркестров стереофония, по всей вероятности, является только модным явлением*.

Запись. Запись звуков оркестра можно производить разными способами. Необходимо различать способы полноценные, которые сохраняют все свойства направленности записываемого звука, и систему так называемой интенсивностной стереофонии, при которой не сохраняются разности фаз и времени и стереофоническая локализация осуществляется только на основе разницы силы звука. В поисках полной совместимости в настоящее время довольно часто переходят к интенсивностной стереофонии, несмотря на то, что, напри-

* Мнение автора по вопросам максимального числа слушателей, минимального размера помещения и возможных музыкальных жанров является весьма спорным. В частности, в СССР созданы стереофонические системы с расширенной зоной восприятия для большого количества слушателей [Л. 20]. (*Прим. ред*)

мер, совместимость для магнитной записи в конце концов все-таки не соблюдается.

Известны два способа полноценной записи звука. Это прежде всего классическая система, обозначаемая *AB*, при которой звуки оркестра воспринимаются двумя микрофонами с одинаковой, например, кардиоидной характеристикой направленности, расположенными друг от друга на расстоянии 2—3 м (рис. 6).

При удачной расстановке микрофонов можно с помощью этого способа достичь очень хороших результатов. Проблемой является

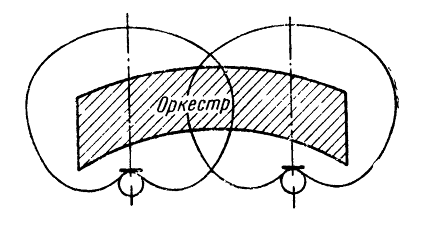


Рис. 6. Запись звука при двухканальной стереофонии с помощью двух микрофонов, расположенных отдельно друг от друга (система *AB*).

определение оптимального расстояния между микрофонами, чтобы не возникали звуковые провалы и перепрыгивание звука и одновременно чтобы ширина стереофонической базы была достаточной. Трудности могут возникнуть также, если музыкальный инструмент размещен перед левым микрофоном, но звук, исходящий из него, направлен к правому микрофону. Такой инструмент слушатель локализует на месте правого громкоговорителя, хотя его там на самом деле нет. Также при повороте музыкального инструмента может возникнуть ощущение, что инструмент перемещается с места на место.

Второй способ записи звука обозначают как систему *XY* или как объемный способ. При данном способе оба микрофона размещены в одной точке оси оркестра, и их кардиоидные характеристики направлены диагонально вправо и влево (рис. 7).

У этой системы ясно выступает аналогия с человеческой головой с двумя ушами, точность воспроизведения достигается при прослушивании с помощью наушников. При применении громкоговорителей уже невозможно обеспечить, чтобы слушатель воспринимал звук правого громкоговорителя только правым ухом и левого — левым ухом. Таким образом, в каждое ухо попадают и сигналы, предназначенные другому уху, что частично оказывает неблагоприятное влияние. Однако локализация направления при этом не нарушается.

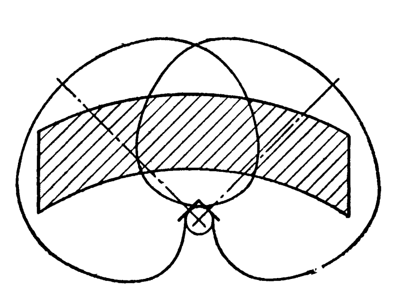


Рис. 7. Запись звука при двухканальной стереофонии с помощью двух микрофонов, расположенных в одном месте (система *XY*).

Система интенсивностной стереофонии тоже применяет два микрофона, размещенных на одном штативе. Один из них

имеет кардиоидную характеристику второй — симметричную характеристику, и оба имеют направленность согласно рис. 8. Эта система часто обозначается как система *MS*. Первый микрофон улавливает звук, как при монофонической записи, и сигнал, выходящий из него, является по существу монофоническим звуковым сигналом. Второй микрофон создает информацию о направлении. Стереофонический сигнал правого и левого каналов образуется из монофонического сигнала и сигнала направления в суммирующе-вычитающей схеме, трансформаторной или резисторной.

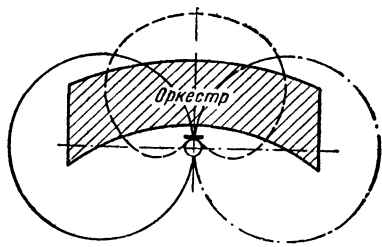


Рис. 8. Запись звука при двухканальной стереофонии с помощью системы *MS*.

Данная система, также как система *XY*, не сохраняет фазовых и временных различий в результирующем стереофоническом сигнале.

Проблема стереофонической записи звука по своей сложности выходит за рамки данной книги и далее разбираться не будет.

Воспроизведение. Для воспроизведения звука при двухканальной стереофонии необходимо в месте нахождения слушателя выполнить определенные условия. Даже при достаточно большом помещении и правильной акустической обработке стен (рис. 9) невозможно достичь оптимального стереофонического звучания во всем помещении, а только лишь в определенном пространстве. Область относительно оптимального звучания в жилом по-

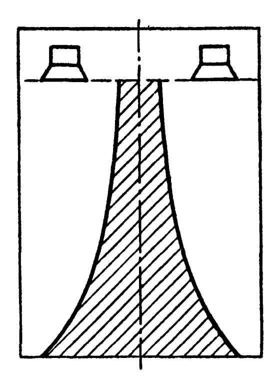


Рис. 9. Область оптимального стереофонического прослушивания располагается симметрично относительно оси симметрии обоих громкоговорителей (заштрихованная часть).

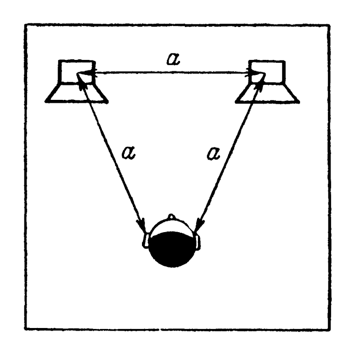


Рис. 10. Для одного слушателя оптимальным местом стереофонического прослушивания является вершина равностороннего треугольника, две другие вершины которого образуют громкоговорители правого и левого каналов.

мещении на рис. 9 заштрихована. Расстояние между громкоговорителями обоих каналов должно быть в квартирных условиях примерно 2,5—4 м. Область оптимального звучания можно расширить увеличением расстояния между громкоговорителями, увеличением количества громкоговорителей в каждом канале, а также направленностью акустических систем.

Оптимальное место прослушивания для одного слушателя находится в вершине равностороннего треугольника, две другие вершины которого образуют громкоговорители правого и левого каналов (рис. 10). Это то место на оси симметрии обоих каналов, в котором угол прослушивания равен 60°. Некоторые авторы приводят в качестве оптимального угла прослушивания величину 45°. При этом расстояние слушателя от плоскости громкоговорителей будет несколько больше. Другие авторы определяют место оптимального прослушивания так, что расстояние слушателя от прямой, соединяющей громкоговорители, должно быть равно расстоянию между ними.

3. НИЗКОЧАСТОТНАЯ СТЕРЕОФОНИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

В данном параграфе кратко ознакомимся со стереофонической записью звука на грампластинки и на магнитные ленты, а в заключение поговорим об акустических системах и их размещении в комнатных условиях.

Стереофонические проигрыватели. Стереофоническая запись звука на грампластинки очень быстро распространилась и сегодня является самой массовой формой использования стереофонии. Это обусловлено прежде всего простым техническим решением проблемы записи сигналов двух каналов в одну звуковую бороздку.

Первые патенты по граммофонной записи двухканальных стереофонических программ относятся еще к 1931 г. Интенсивно же эта проблема начала разрабатываться только после второй мировой войны, а этап исследований и разработок был закончен фирмой Western Electric, которая в 1957 г. внедрила свою новую систему, принятую в настоящее время в качестве общемирового стандарта. Эта система называется 45/45 или Westrex. Системе Westrex пред-

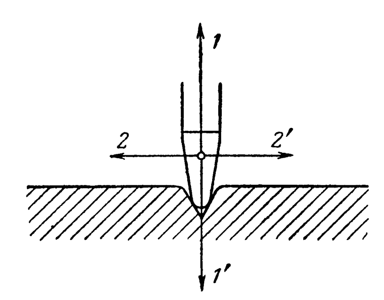


Рис. 11. Запись на грампластинку по стереофонической системе 0/90.

1 — глубинная запись 1-го канала; *2* — боковая запись 2-го канала.

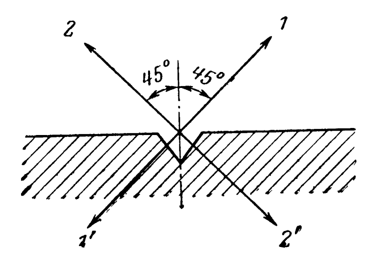


Рис. 12. Запись на грампластинку по стереофонической системе Westrex 45/45.

1 — направление записи 1-го канала; *2* — направление записи 2-го канала.

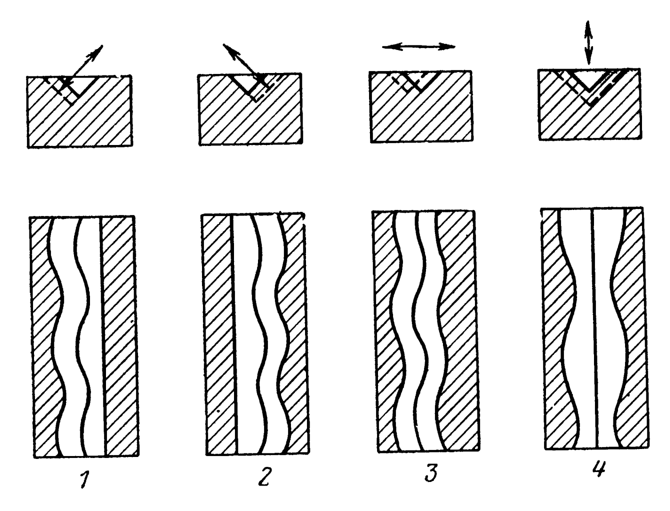


Рис. 13. Форма звуковой бороздки при стереофонической записи.

1 — модуляция только в левом канале; *2* — модуляция только в правом канале; *3* — модуляция в обоих каналах одинаковым сигналом в фазе; *4* — модуляция в обоих каналах одинаковым сигналом в противофазе.

шествовала система, обозначаемая 0/90, у которой сигнал одного канала записывался в боковом направлении, а сигнал второго канала — в глубинном направлении (рис. 11). Обе упомянутые системы характерны тем, что сигнал обоих каналов записывается в одну звуковую бороздку; системы, использующие две самостоятельные бороздки для правого и левого каналов, из-за множества недостатков не нашли применения.

Система 0/90 не нашла широкого применения особенно потому, что запись обоих каналов не была равноценной. Канал, записываемый в глубинном направлении, был более искаженным и имел меньшее отношение сигнал/шум (сказывалась тряска, обусловленная приводным механизмом).

Широко используемая в настоящее время система 45/45 основана на комбинации глубинной и боковой системы для каждого из каналов. Сигналы правого и левого каналов записываются перпендикулярно относительно друг друга, но вся система по сравнению с системой 0/90 сдвинута на 45° (рис. 12). Отклонение от плоскости грампластинки для каждого канала составляет 45°. Качество записи обоих каналов у этой системы полностью равноценно.

На рис. 13 изображена звуковая бороздка системы 45/45 в случае модуляции только левого или правого канала и в случае модуляции обоих каналов тем же сигналом синфазно или противофазно. Разделение каналов на правый и левый и полярность записи определены стандартом. Правым является тот канал, у которого направление отклонения в бороздке пересекает ось грампластинки над ее

плоскостью; ему соответствует внешняя сторона бороздки. Полярность записываемых сигналов необходимо соблюдать в соответствии с рис. 14.

Преимуществом системы 45/45 является то, что поперечная запись соответствует монофоническому сигналу системы *MS* интенсивностной стереофонии, а глубинная запись — сигналу направления. Это означает, что стереофонические грампластинки можно с определенными оговорками проигрывать на монофонической аппаратуре, и наоборот, монофонические грампластинки можно также проигрывать на стереофонической аппаратуре. Однако полной совместимости препятствует более узкая бороздка и меньший радиус острия граммофонной иглы (и резца) стереофонической записи, а также большая общая масса и жесткость старых монофонических звукоснимателей. Радиус закругления нормальной долгоиграющей иглы находится в пределах 23—3 мкм; у стереофонической же иглы в пределах 15—3 мкм. Следовательно, монофоническая игла портит бороздку стереофонической записи, а стереофоническая игла опускается слишком глубоко в монофоническую бороздку и таким образом может реагировать на неровности дна, не говоря уже о ее чрезмерном износе. Чтобы частично устранить эти неблагоприятные явления, начиная с 1960 г. в ЧССР и обычные долгоиграющие пластинки изготовляются с помощью резцов, имеющих меньший радиус закругления. Стереофонический звукосниматель обычно имеет два острия, один с радиусом 15 мкм для стереофонического воспроизведения и второй с радиусом 23 мкм для монофонического воспроизведения. Выбор между монофоническим и стереофоническим воспроизведением осуществляется с помощью опрокидывания или поворота головки звукоснимателя.

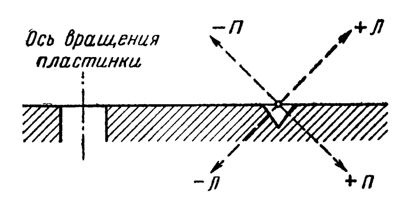


Рис. 14. Стандартное расположение каналов при стереофонической записи на грампластинку.

При проигрывании монофонической грампластинки стереофоническим проигрывателем входы обоих усилителей низкой частоты соединяются параллельно (рис. 15). Не рекомендуется проигрывать стереофонические грампластинки на монофонической аппаратуре. Это было бы возможно только в том случае, если бы давление иглы уменьшилось до 5 г и если бы использовалась специальная вставка с иглой требуемого диаметра (например, стереофоническая вставка с параллельно соединенными системами).

Уменьшение ширины бороздки и закругление острия у стереофонической записи вытекают из необходимости соблюдения оптимальных условий записи и одинакового времени воспроизведения. Стереофоническая запись требует при одинаковом размере бороздки больше места, чем монофоническая; чтобы не пришлось увеличивать расстояние между бороздками и тем самым уменьшать время воспроизведения, было необходимо уменьшить ширину бороздки с 55 до 40 мкм, а также уменьшить радиус закругления острия.

Так как стереофоническая запись 45/45 содержит в каждом канале и глубинную составляющую, то при конструировании проигрывателей необходимо по возможности как можно сильнее ограничить

вертикальную тряску диска, так как стереофонический звукосниматель к ней чувствителен. Поэтому для высококачественного стереовоспроизведения нельзя использовать монофонический проигрыватель, только заменив звукосниматель.

Стереофонические звукосниматели обычно имеют две системы, расположенные взаимно перпендикулярно так, чтобы в каждой системе возникало только напряжение правого или левого канала. Они должны быть сконструированы так, чтобы переходное затухание между каналами было не менее 20 дБ.

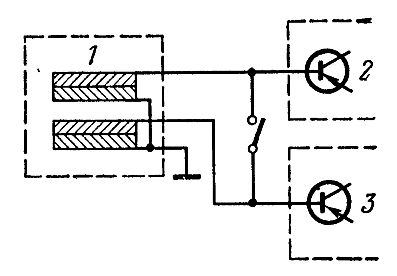
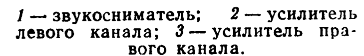


Рис. 15. При воспроизведении монофонических грампластинок с помощью стереофонического звукоснимателя обе системы звукоснимателя на входе усилителя соединяются параллельно.


1 — звукосниматель; 2 — усилитель левого канала; 3 — усилитель правого канала.

Звукосниматели можно разделить, как и в случае монофонических, на электромагнитные, электродинамические, магнитодинамические, пьезоэлектрические и электростатические.

Электромагнитные звукосниматели генерируют довольно низкое напряжение (несколько милливольт) и присоединяются к усилителям через трансформаторы и корректирующие цепи для коррекции частотной характеристики звукоснимателя. Они обладают повышенной временной и температурной стабильностью, и с ними можно получить хорошие частотные характеристики. Эти звукосниматели используются, как правило, для полупрофессиональной и профессиональной аппаратуры.

Для обычных бытовых проигрывателей в большинстве случаев используются пьезоэлектрические звукосниматели; они сравнительно недороги, создают достаточное напряжение (порядка сотни милливольт), и их конструкция такова, что не требуется дополнительной коррекции частотной характеристики. Однако для сохранения хорошей частотной характеристики требуется высокое входное сопротивление усилителя низкой частоты (2—3 МОм). Их недостатком является температурная и временная нестабильность, малая вибростойкость и меньшая равномерность частотной характеристики.

Требование большого входного сопротивления используемого усилителя вытекает из того, что выходное сопротивление звукоснимателя имеет почти чисто емкостный характер. Чтобы на нижних частотах, например на частоте 50 Гц, не было спада больше, чем на 3 дБ, необходимо, чтобы постоянная времени схемы была не менее 3 мс: $\tau = RC$, где τ — постоянная времени, с; R — входное сопротивление усилителя, Ом; C — емкость звукоснимателя + емкость соединительных проводов+входная емкость усилителя, Ф.

Емкость пьезоэлектрических звукоснимателей бывает 1000—2000 пФ, а емкостью проводов и входной емкостью усилителя обычно можно пренебречь Рассчитав τ, получаем минимальное входное

сопротивление усилителя 1,5—3 МОм. Так как входное сопротивление транзисторных усилителей, как правило, меньше, то обычно подключают добавочное сопротивление 1—3 МОм или подключают параллельную емкость к входу усилителя. Из уравнения для τ вытекает, что одинаковое влияние на нижнюю предельную частоту оказывает как увеличение входного сопротивления, так и увеличение общей емкости C. Подключение параллельной емкости кажется даже более выгодным с точки зрения шумов. Такой конденсатор образует с емкостью звукоснимателя емкостный делитель, который уменьшает полезное напряжение на входе усилителя. Это, однако, не страшно, так как входное напряжение пьезоэлектрических звукоснимаелей достаточно велико.

Емкость конденсатора, который необходимо параллельно подключить к входу усилителя, можно рассчитать по формуле

$$C_п = 3 \cdot 10^6/R - C,$$

где $C_п$ — параллельная емкость, пФ; R — входное сопротивление усилителя, кОм; C — емкость звукоснимателя, пФ.

Стереофонические магнитофоны. Стереофонические программы записываются на магнитную ленту на столько дорожек, сколькими каналами они передаются. Следовательно, при двухканальной стереофонии используются две самостоятельные дорожки. У обыкновенной двухканальной записи это вызывает необходимость записывать одновременно на обеих дорожках, причем время воспроизведения ленты сокращается в 2 раза (ленту нельзя перевернуть). Стереофоническая магнитная головка сконструирована как двойная, причем обе системы расположены точно друг под другом (рис. 16). Для обеспечения достаточного переходного затухания между каналами системы взаимно экранированы. Расположение правого и левого каналов на ленте показано на рис. 17.

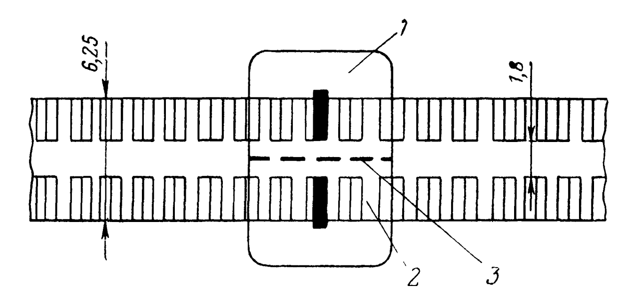


Рис. 16. Принцип простой (двухдорожечной) стереофонической магнитной записи.

1 — головка воспроизведения левого канала; *2* — головка правого канала; *3* — магнитный экран.

Стремление достичь при стереофонической записи такого же времени воспроизведения, как и в случае монофонической двухдорожечной записи, привело к конструкции магнитофонов с четырехдорожечной записью. У этих магнитофонов на обычную ленту шири-

ной 6,25 мм записываются четыре дорожки шириной около 0,8 мм. Такая запись предъявляет большие требования к качеству всего оборудования и прежде всего к качеству ленты, так как пропорционально с уменьшением ширины дорожки падает при равных условиях напряжение, возникающее в магнитной головке. Благодаря тщательному исполнению и используя новые типы лент (LGS26, PE41 и т. д.), можно при четырехдорожечной записи достичь почти такого же отношения сигнал/шум, как в случае применяемой ранее двухдорожечной магнитной записи. Схематически четырехдорожечная стереофоническая запись показана на рис. 18. Расположение дорожек отдель-

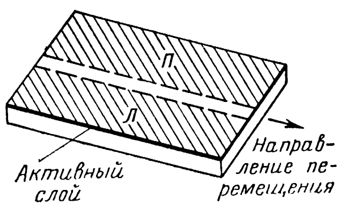


Рис. 17. Расположение записи каналов у стереофонического магнитофона.

Л — дорожка левого канала; *П* — дорожка правого канала.

ных каналов остается в принципе таким же, как в случае двухдорожечной записи.

В настоящее время применяется стереофоническая запись как двухдорожечная, так и четырехдорожечная. Двухдорожечная прежде всего в профессиональной аппаратуре, а четырехдорожечная — в переносных стереофонических магнитофонах, предназначенных для бытового применения. При стереофонической магнитной записи достигается большее переходное затухание между каналами, чем у проигрывателей, обычно оно больше 35 дБ. Однако следует учесть, что она не совместима с обычной, монофонической записью.

Усилители и другие элементы по существу не отличаются от аналогичных узлов монофонических магнитофонов. Однако для каждо-

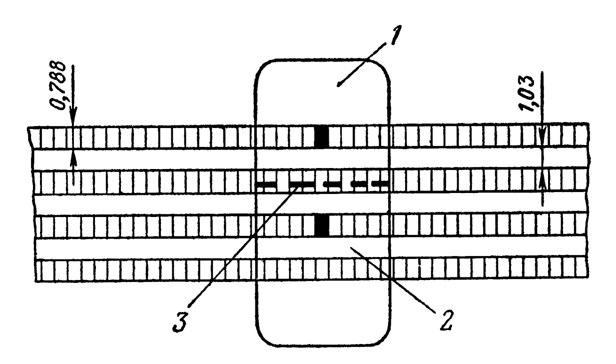


Рис. 18. Принцип двукратной (четырехдорожечной) стереофонической записи.

1 — головка левого канала; *2* — головка правого канала; *3* — экран между головками

го канала здесь имеется свой усилитель, общими являются только элементы управления. Некоторые высококачественные стереофонические магнитофоны имеют также отдельные усилители для записи и воспроизведения.

В более дешевой переносной аппаратуре для правого и левого каналов имеются только предварительные усилители, оконечный же каскад усилителя мощности только один. С помощью такой аппаратуры можно проигрывать стереофонические записи только в сочетании с внешним стереофоническим усилителем низкой частоты. Запись стереофонических программ в этом случае невозможна. Необходимо подчеркнуть, что четырехдорожечный магнитофон не обязательно является стереофоническим.

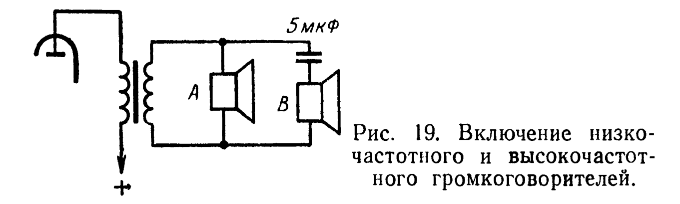


Рис. 19. Включение низкочастотного и высокочастотного громкоговорителей.

Акустические системы и их расположение. Важнейшим фактором, определяющим качество стереофонического воспроизведения, являются акустические системы. Обе системы должны быть полностью идентичны, и необходимо, чтобы они воспроизводили по возможности весь диапазон слышимых частот равномерно и с малыми искажениями. Это требование нельзя удовлетворить с помощью одного громкоговорителя в каждой системе даже в случае использования новых широкополосных громкоговорителей.

Наилучшим способом, с помощью которого можно достичь воспроизведения всего спектра слышимых частот, является использование комбинаций громкоговорителей. Обычно это отдельный низкочастотный громкоговоритель для воспроизведения нижних частот (например, 30—1000 Гц) и высокочастотный громкоговоритель для воспроизведения верхних звуковых частот (1000—15 000 Гц). Наиболее совершенные комбинации громкоговорителей содержат еще один громкоговоритель, который предназначен для воспроизведения средних звуковых частот. Отдельные громкоговорители подключаются к выходу усилителя с помощью развязывающих фильтров. Тем самым достигается то, что к каждому громкоговорителю попадает только та полоса частот, для которой он предназначен. В более простой аппаратуре воспроизведения низкочастотный громкоговоритель подключен непосредственно к выходу усилителя, а высокочастотный — через конденсатор (рис. 19). Конденсатор имеет на нижних частотах большое сопротивление, которое падает по мере увеличения частоты. У высококачественной аппаратуры используются более сложные развязывающие фильтры, состоящие из дросселей и конденсаторов. Развязывающий фильтр, представленный на рис. 20, имеет среднюю частоту разделения, равную 1000 Гц, достаточно резкое подавление нежелательных частот, а сопротивление, которым система нагружает выход усилителя, равно сопротивлению одного громкоговорителя.

Простое подключение развязывающего фильтра для трехэлементной акустической системы, имеющей высокочастотный громкоговоритель (ARV081, ARV231), низкочастотный громкоговоритель (AR0835, ARZ669) и громкоговоритель средних частот (ARE689, ARE589), показано на рис. 21.

Все громкоговорители одной акустической системы должны иметь одинаковую полярность, т. е. их мембраны при воспроизведении должны отклоняться в одном направлении. Правильность полярности подключения громкоговорителей можно легко проверить с помощью батареи (4,5 В), которая последовательно подключается к отдельным громкоговорителям.

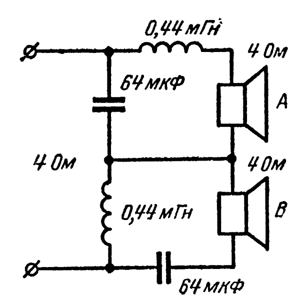


Рис. 20. Развязывающий фильтр.

А — низкочастотный громкоговоритель; *В* — высокочастотный громкоговоритель.

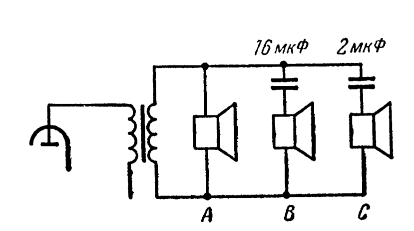


Рис. 21. Простой развязывающий фильтр.

А — низкочастотный громкоговоритель; *В* — громкоговоритель для воспроизведения средних частот; *С* — высокочастотный громкоговоритель.

При отклонении мембраны в одном направлении (например, наружу) следует отметить зажим громкоговорителя, соединенный с положительным полюсом батареи. Отмеченные зажимы всех громкоговорителей соединяются затем с одним и тем же выходным зажимом усилителя. У новых громкоговорителей завода TESLA имеется цветное обозначение одного зажима.

У подключенной акустической системы можно легко проконтролировать правильность полярности включения громкоговорителей. Для этого следует подключить всю систему вместо усилителя к источнику постоянного напряжения (батарея 4,5 В). Все конденсаторы и дроссели должны быть предварительно закорочены. У правильно включенной системы при подключении батареи мембраны всех громкоговорителей должны отклониться в одном направлении.

Громкоговорители устанавливаются в ящики разной формы. Это может быть простой резонатор в форме доски, открытый ящик, закрытый ящик или фазоинвертор (рис. 22). Основной причиной использования ящиков, помимо доводов эстетических и механических, является необходимость предотвращения выравнивания акустического давления перед громкоговорителем и за ним. Такое выравнивание давлений через края громкоговорителей создает акустическое короткое замыкание и значительно снижает эффективность излуче-

ния, причем прежде всего на нижних частотах. Чем более совершенного воспроизведения нижних частот мы хотим достичь, тем больше должен быть резонатор, или же ящик должен иметь больший объем. Акустическое короткое замыкание лучше всего устраняет закрытый ящик, но у него упругость воздушного столба вызывает демпфирование и повышение резонансной частоты низкочастотного громкоговорителя. Своеобразен фазоинвертор, у которого вся система образует как бы трубу органа, настроенную путем подбора размеров так, что резонансная частота низкочастотного громкоговорителя уменьшается примерно на 1/2 октавы.

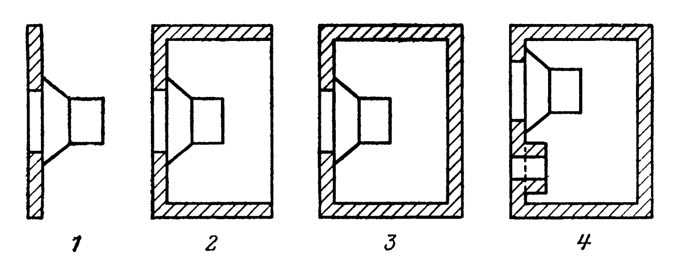


Рис. 22. Способы установки громкоговорителей.

1 — простая отражательная доска; *2* — открытый ящик; *3* — закрытый ящик. *4* — фазоинвертор.

Для обыкновенных низкочастотных громкоговорителей в квартирах применяются ящики объемом приблизительно 40—80 дм^3. Новые, специально разработанные низкочастотные громкоговорители требуют значительно меньшего объема ящика, а именно 15—25 дм^3. Из изделий ЧССР таким громкоговорителем является ARZ669.

Как было уже сказано, акустические системы правого и левого каналов должны находиться друг от друга на расстоянии примерно 2,5—4 м. Следует располагать их по возможности на меньшей стене помещения и симметрично. Расположение акустических систем и связанное с ним расположение мебели должно выбираться так, чтобы место оптимального прослушивания было там, где предполагается при прослушивании сидеть. Несколько вариантов расположения акустических систем в помещении приведено на рис. 23. В случае необходимости можно в небольших пределах повернуть ось оптимального прослушивания относительно геометрической оси громкоговорителей путем увеличения громкости одного из каналов (рис. 23, *г*).

Акустические системы обоих каналов наиболее часто бывают расположены так, что направления их излучения параллельны между собой и перпендикулярны к линии их соединения.

Если системы повернуты к себе или от себя, то угол разворота обеих систем должен быть мал, чтобы не возникало отражений от стен помещения. На рис. 24 показаны допустимые пределы разворота осей акустических систем в обычном помещении. Следует заметить, что расположение громкоговорителей в углах помещения для целей стереофонического воспроизведения не является наилучшим.

Акустической обработке помещения не надо, как показал опыт, уделять особого внимания, так как время реверберации нормально

обставленной комнаты близко к оптимальному значению. Необходимо, однако, чтобы вся обстановка комнаты была по возможности симметрична с точки зрения поглощения звука, т. е. чтобы на одной стороне не была, например, только голая стена или окна, а вторая стена не была заставлена мебелью с обивкой и шкафами. На пути акустического сигнала к слушателю не должно быть ни больших препятствий, ни тяжелых портьер.

При подключении акустических систем к усилителям необходимо соблюдать правильное расположение каналов (соответствие правой

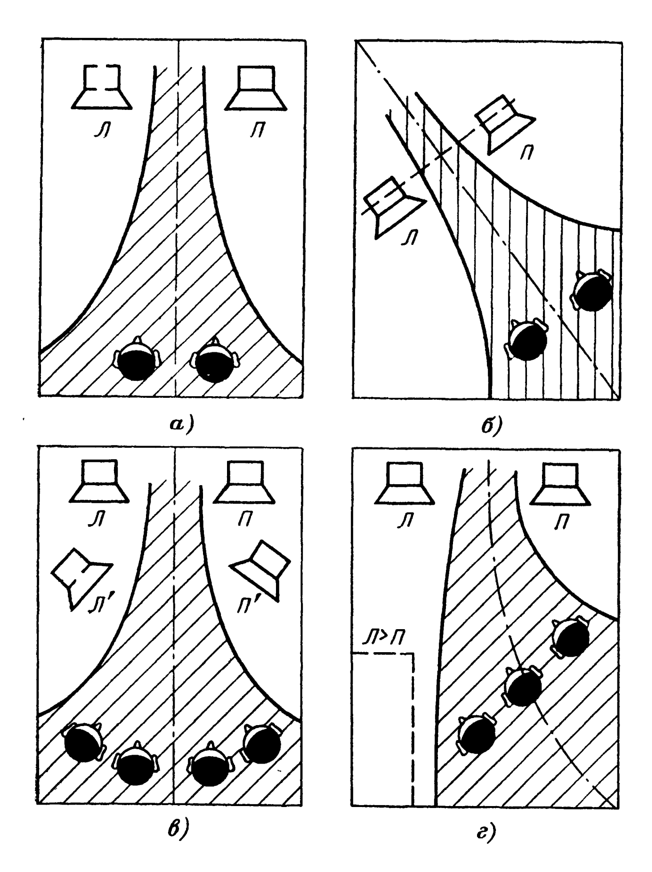


Рис. 23. Способы расположения акустических систем в помещении.

а — обычное и самое правильное расположение системы вдоль меньшей стены прямоугольного помещения; *б* — расположение системы по диагонали квадратного помещения; *в* — в длинном узком помещении целесообразно использовать два вспомогательных громкоговорителя, расположенных приблизительно в центре помещения; *г* — если слушатель не может сидеть в точке на оси громкоговорителей (например, из-за расстановки мебели в помещении), можно акустическую ось повернуть за счет увеличения мощности одной из акустических систем.

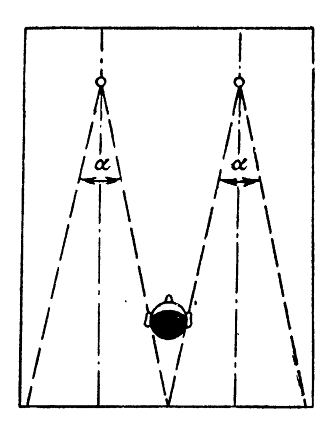


Рис. 24. Допустимый угол, в пределах которого можно повернуть оси громкоговорителей при стереофоническом прослушивании.

и левой сторон) и одинаковую полярность обеих систем. Выполнение обоих требований можно легко обеспечить, а проконтролировать его можно с помощью специальной тестовой грампластинки или стереофонического контрольного сигнала радиосети.

4. СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЕ УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Введение. Стереофонический усилитель по существу состоит из двух самостоятельных усилителей низкой частоты, которые должны иметь совершенно идентичные параметры. Общими для обоих каналов бывают только регулировки громкости, тембра и баланса чувствительности каналов (стереобаланс). Громкость и тембр можно было бы регулировать отдельно в каждом канале. Однако при изменении громкости или при выборе другой частотной характеристики было бы необходимо отрегулировать оба канала отдельно и после этого снова их сбалансировать, что весьма неудобно. Поэтому для регулировки громкости и для плавной регулировки тембра применяются так называемые спаренные потенциометры, для ступенчатой регулировки тембра — спаренные переключатели.

Спаренный потенциометр представляет собой по существу два потенциометра, расположенных на общей оси, у которых характеристики сопротивлений идентичны с максимальным отклонением 2—3 дБ. Один из этих спаренных потенциометров предназначен для регулировки левого канала, второй — для регулировки правого канала.

Неидентичность коэффициентов усиления в обоих каналах, которая возникает из-за неидентичности значений элементов, старения ламп (транзисторов) или неидентичности акустических систем, компенсируется с помощью регулировки, называемой стереобалансом. Для осуществления стереобаланса может быть использован простой потенциометр (рис. 25) или спаренный (рис. 26). Этот потенциометр подключен всегда так, что при увеличении чувствительности одного канала уменьшается чувствительность другого канала усилителя низкой частоты.

Стереофонические усилители должны, естественно, удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к стереофоническим каналам передачи Следовательно, они должны иметь горизонтальную ампли-

тудно-частотную характеристику в диапазоне 30 Гц — 15 кГц, коэффициент гармоник должен быть меньше 2% и максимальная выходная мощность в условиях квартиры должна быть примерно 3—10 Вт. К этому добавляется требование полной идентичности параметров обоих каналов и большого входного сопротивления при подключении пьезоэлектрического звукоснимателя.

На практике стереофонические усилители встречаются либо как самостоятельные элементы, либо как части стереофонических радио-

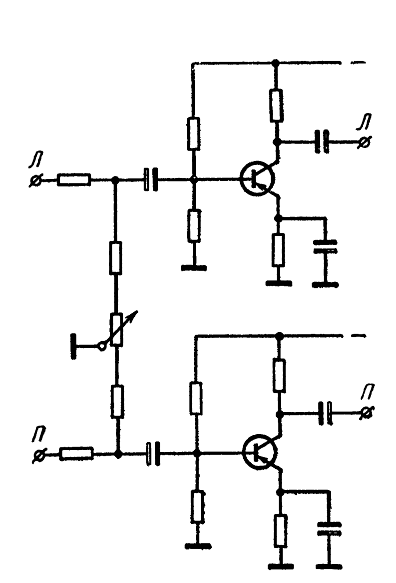


Рис. 25. Использование простого потенциометра для балансировки каналов стереофонического усилителя.

Рис. 26. Спаренный потенциометр, используемый для балансировки каналов.

приемников. В дальнейшем тексте приводятся примеры самых распространенных типов схем стереофонических усилителей на лампах и транзисторах.

Ламповые усилители. Примером схемы простого стереофонического усилителя является низкочастотная часть радиоприемника TESLA 538A Stereodirigent (рис. 136). Технические характеристики этого усилителя (одного канала) следующие: максимальная мощность при коэффициенте гармоник 10% составляет 2,5 Вт, чувствительность при выходной мощности 50 мВт составляет 15 мВ, частотная характеристика не приводится. Несмотря на то, что параметры усилителя удовлетворительны для небольших квартир, при максимальной выходной мощности имеют место очень большие искажения. Это по существу почти самая простая схема, которую можно использовать для усилителя стереофонической аппаратуры.

На рис. 27 и 28 представлена полная схема стереофонического усилителя, который удовлетворит самых требовательных радиолюбителей. Усилитель состоит из оконечного усилителя (рис. 27) и корректирующего усилителя, предназначенного для коррекции частотной характеристики (рис. 28). Оконечный усилитель может развивать в одном канале мощность 10 Вт при коэффициенте гармоник 2%, и его

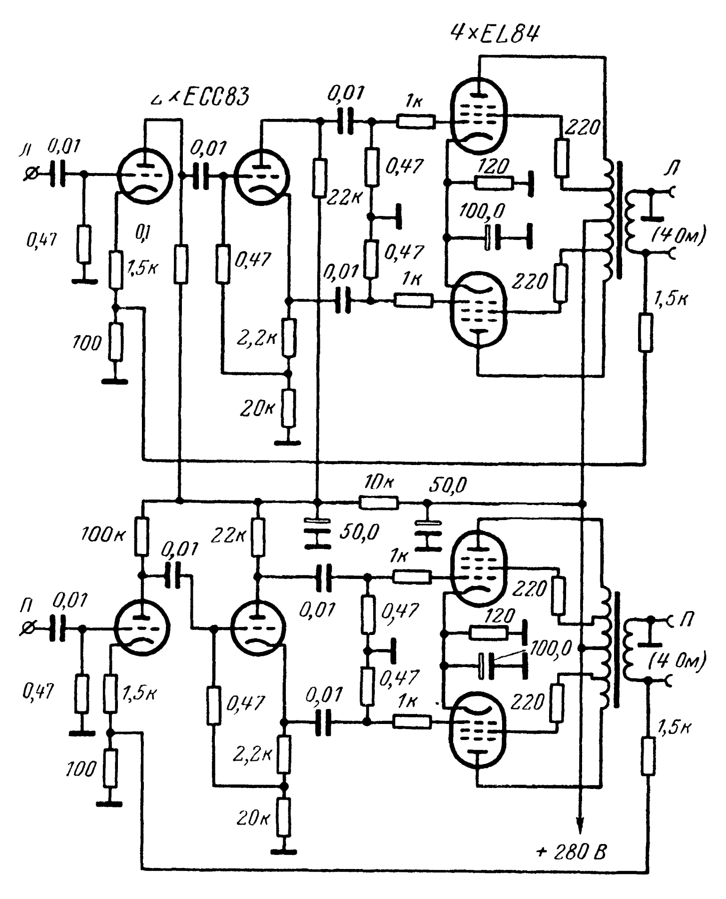


Рис. 27. Оконечный каскад высококачественного лампового стереофонического двухканального усилителя 2×10 Вт.

частотная характеристика ограничена в области верхних и нижних частот только частотной характеристикой выходного трансформатора. При наличии высококачественного выходного трансформатора можно получить горизонтальную частотную характеристику в диапазоне 25—16 000 Гц и даже больше. Ориентировочные данные та-

кого выходного трансформатора: Ш-образный сердечник 32×32, первичная обмотка 2×1000 витков диаметром 0,13 мм, отводы в 1/3 от середины обмотки; вторичная обмотка 35 витков диаметром 1,2 мм.

В качестве двухтактного выходного каскада для каждого канала использован ультралинейный оконечный каскад. Ультралинейным на-

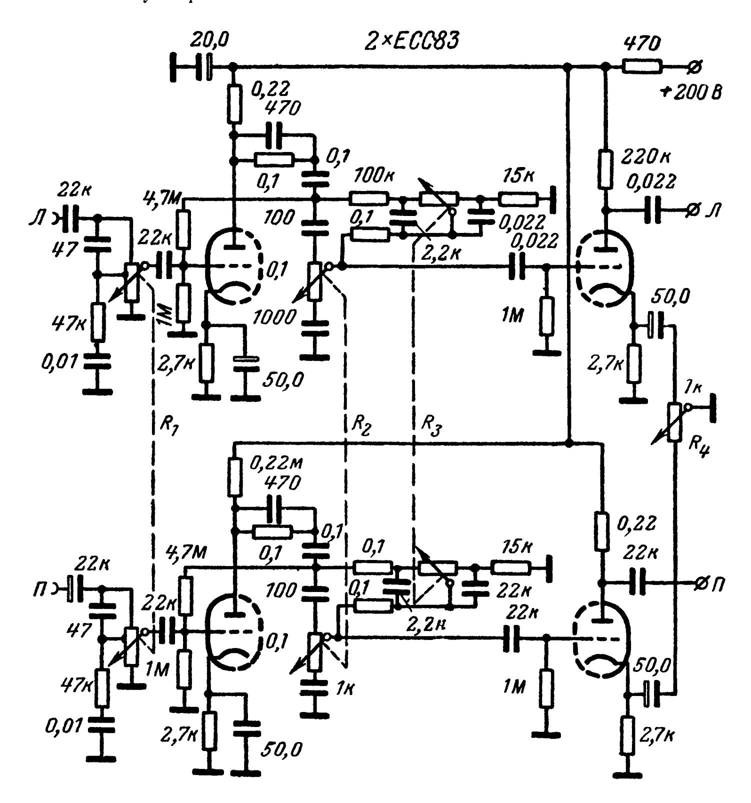


Рис. 28 Корректирующий промежуточный усилитель для оконечного каскада рис. 27.

зывается такой выходной двухтактный каскад, у которого экранирующие сетки пентодов подключены к отводам выходного трансформатора. Таким образом, на экранирующие сетки подается часть переменного анодного напряжения, что создает отрицательную обратную связь.

Изменением места отвода трансформатора можно выбрать любую рабочую точку ламп оконечного каскада между триодным и пентодным включением (если место отвода сдвигается к анодному концу обмотки, то лампы оконечного каскада будут включены как трио-

ды). Преимуществом такого подключения является уменьшение искажений примерно наполовину по сравнению с обычным двухтактным включением. Первая половина лампы ЕСС83 работает в качестве предварительного усилителя, вторая — в качестве фазоинверсного каскада. Со вторичной обмотки выходного трансформатора осуществляется глубокая отрицательная обратная связь путем подачи напряжения в катодную цепь предварительного усилителя. Между предварительными усилителями и фазоинверсным каскадом включен спаренный потенциометр для балансировки каналов (на рисунке не указан).

Схема корректирующего промежуточного усилителя для обоих каналов приведена на рис. 28. Он содержит в общем четыре регулирующих элемента, а именно: регулятор громкости R_1, регулятор верхних частот R_2, регулятор нижних частот R_3 и потенциометр стереобаланса R_4. Первые три регулирующих потенциометра — это спаренные потенциометры. Корректирующий промежуточный усилитель имеет в каждом канале лампу ЕСС83. Диапазон регулировки тембра составляет на частоте 80 Гц примерно ±12 дБ, на частоте 10 кГц примерно ±15 дБ, основная частотная характеристика горизонтальна в диапазоне от 20 Гц до 20 кГц с неравномерностью ±3 дБ.

Усилители на транзисторах. Усилитель на транзисторах для стереофонического воспроизведения можно в принципе разделить на три части. Это оконечный усилитель мощности, корректирующий промежуточный усилитель и предварительный усилитель с высоким сопротивлением. Большое добавочное входное сопротивление (примерно 1 МОм) необходимо особенно при воспроизведении звука с грампластинок. Естественно, каждая из приведенных частей имеется как в левом, так и в правом канале. Здесь приводятся примеры схем отдельных частей такого стереофонического усилителя, а именно: оконечный каскад малой мощности, оконечный каскад 12 Вт, корректирующий промежуточный усилитель и предварительный усилитель. Отдельные части спроектированы так, чтобы их было можно прямо подключить друг к другу и тем самым получить стереофонический усилитель с выходной мощностью 2×1 или 2×12 Вт.

Схема предварительного усилителя, содержащего два транзистора для каждого канала, приведена на рис. 29. Предварительный усилитель имеет в зависимости от глубины отрицательной обратной связи (R_9, R_{19}) коэффициент усиления 5—2000. Входное сопротивление на зажимах *1* составляет примерно 100 кОм, на зажимах *2* — около 1 МОм. Рабочая точка предварительных усилителей устанавливается с помощью резисторов R_3, R_{13}. Терморезисторы R_6, R_{16} в коллекторной цепи входных транзисторов можно в случае необходимости заменить сопротивлениями 39 кОм. Частотная характеристика предварительного усилителя горизонтальна в диапазоне частот 20 Гц — 30 кГц с точностью ∓2 дБ.

Корректирующий промежуточный усилитель (рис. 30), содержащий четыре транзистора ОС71, имеет общий коэффициент усиления 2—4 при средней частотной характеристике. Диапазон регулировки на частоте 100 Гц составляет ∓12 дБ, на частоте 10 кГц ∓15 дБ, максимально допустимое входное напряжение составляет примерно 0,5 В. Выходное напряжение корректирующего промежуточного усилителя (1—2 В) вполне достаточно для работы оконечных каскадов обоих приведенных ниже типов. Плавная регулировка тембра осуществляется раздельно на нижних (R_7, R_{22}) и верхних (R_9, R_{24}) частотах.

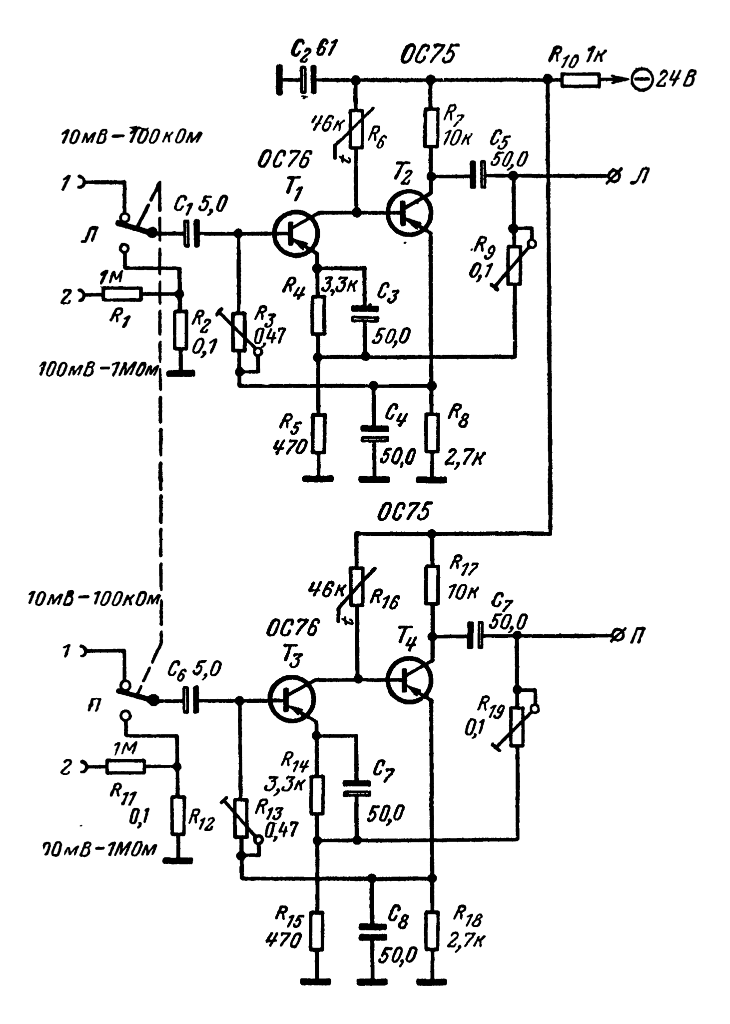


Рис. 29. Транзисторный предварительный усилитель с входным сопротивлением 100 кОм для стереофонического двухканального усилителя.

На вход корректирующего промежуточного усилителя подключен спаренный потенциометр для регулировки громкости (R_1, R_{16}). Стереобаланс осуществляется с помощью потенциометра, включенного в эмиттерные цепи транзисторов T_2, T_4.

Схема оконечного усилителя малой мощности 2×1 Вт приведена на рис. 31. Он одинаков для каждого канала и построен по классической симметричной двухтактной схеме. Сигнал на пару оконечных транзисторов GC500 (OC74) подается от транзистора OC72, ра-

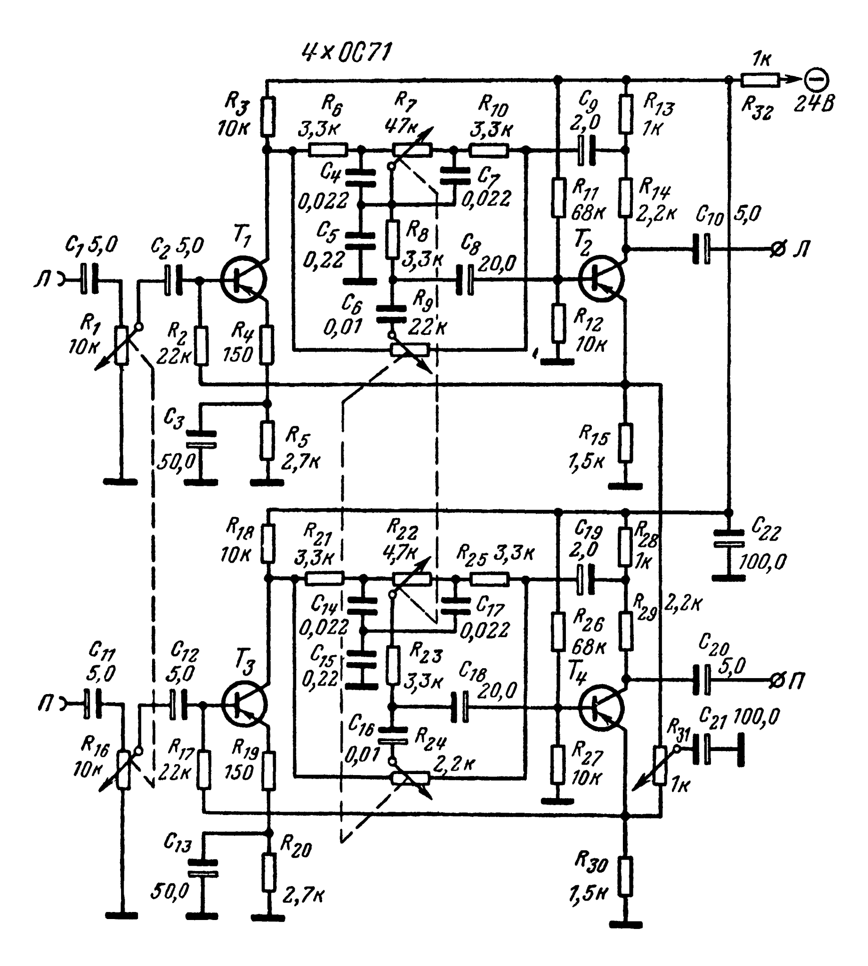


Рис. 30. Транзисторный стереофонический корректирующий промежуточный усилитель с регулятором громкости, раздельной плавной регулировкой тембра на верхних и нижних частотах и с балансирующим потенциометром.

ботающего в качестве фазоинвертора. Фазоинверсный трансформатор имеет первичную обмотку 2500 витков ПЭЛ 0,12 и вторичную обмотку 1300×2 витков ПЭЛ 0,14; выходной трансформатор имеет первичную обмотку 250×2 витков ПЭЛ 0,35 и вторичную обмотку 95 витков ПЭЛ 0,5. Оба трансформатора выполнены на Ш-образном сердечнике E116. Усилитель пригоден для небольших помещений и не очень громкого воспроизведения или же для прослушивания с помощью наушников.

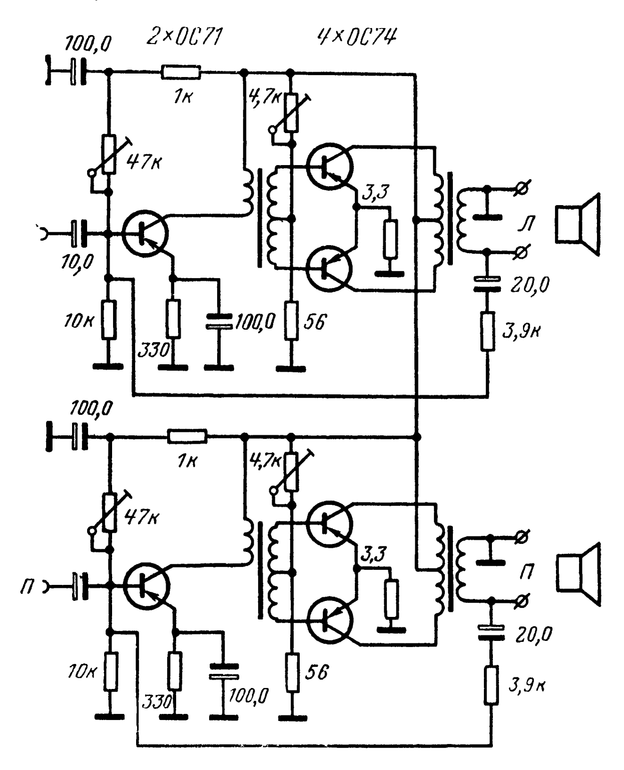


Рис. 31. Оконечный каскад транзисторного стереофонического усилителя 2×1 Вт.

Для больших помещений и громкого воспроизведения пригоден оконечный усилитель 2×12 Вт, схема которого приведена на рис. 32. Так как схема для обоих каналов идентична, в дальнейшем описывается только один канал. Чувствительность при полной выходной мощности не хуже 0,5 В, входное сопротивление составляет 100 кОм. Два мощных транзистора 5NU73 работают по так называемой последовательной двухтактной схеме, которая особенно выгодна тем, что нет необходимости в выходном трансформаторе. Оптимальное нагрузочное сопротивление усилителя составляет 4—8 Ом. На базы

оконечных мощных транзисторов подается напряжение от двух дополнительных транзисторов OC76 и 102NU71. Благодаря использованию дополнительной пары транзисторов (*p-n-p* и *n-p-n*) отпадает необходимость в фазоинверсном трансформаторе или другом фазоинверторе, так как эти транзисторы, на базы которых подается одинаковый сигнал, дают на выходе сигналы в противофазе. Следовательно, связь во всем усилителе может быть гальванической, что

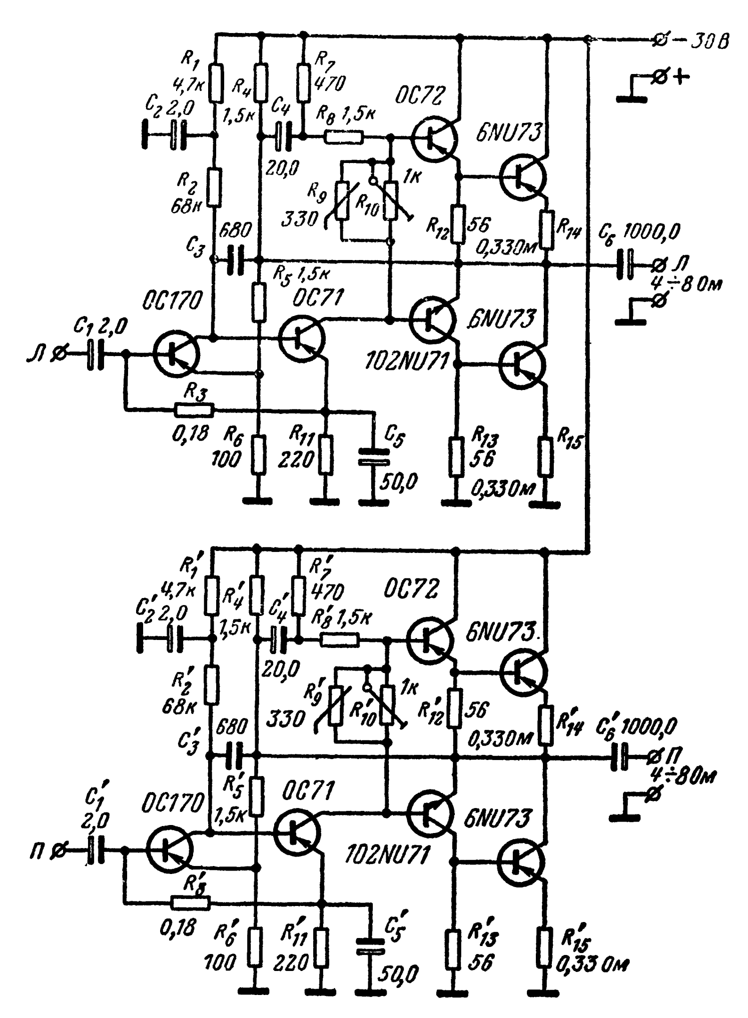


Рис. 32. Оконечный каскад транзисторного стереофонического усилителя 2×12 Вт.

улучшает частотную характеристику и уменьшает общее количество используемых элементов.

Возбудитель дополнительных транзисторов содержит два гальванически связанных транзистора. Стабилизация по постоянному току осуществляется отрицательной обратной связью, подающейся через резистор R_3 с эмиттера второго транзистора на базу первого. Отрицательная обратная связь по переменному току, охватывающая весь усилитель, подает напряжение выхода через резистор R_5 на эмиттер входного транзистора. Благодаря ее введению общий коэффициент гармоник при номинальной выходной мощности меньше 1%. Усилитель имеет также положительную обратную связь с выхода усилителя, которая подается через электролитический конденсатор C_4 в коллекторную цепь второго транзистора предоконечного каскада. Эта положительная обратная связь увеличивает максимальную выходную мощность на 10%. Резистор R_4 предназначен для симметрирования режима оконечных транзисторов. Достигаемая выходная мощность зависит от напряжения источника питания и составляет 14 Вт при 32 В.

Когда мы говорим о выходной мощности, то имеем в виду действующую мощность синусоидального тока, которая обычно приводится в соответствии с нормой ЧССР. Некоторые зарубежные фирмы в рекламных целях приводят пиковую мощность, которая в 2 раза больше действующей мощности (амплитудное значение напряжения равно 1,4 $U_{действ}$, мощность $P=U^2/R$). Но иногда и этого недостаточно, и они приводят так называемую мгновенную музыкальную мощность, значение которой у обычных усилителей равно примерно 1,5×пиковую мощность. (Это обусловлено тем, что в случае, если на вход усилителя сигнал попадает лишь в течение короткого времени, то конденсаторы сглаживающих фильтров источника питания не успевают разрядиться, и они заряжены до более высокого напряжения, чем при длительно действующем сигнале. Поэтому усилитель способен отдать более высокую мгновенную мощность.)

Усилитель, имеющий действующую мощность, например, 12 Вт, имеет пиковую мощность 24 Вт и мгновенную музыкальную мощность 34 Вт.

ОСНОВЫ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ СТЕРЕОФОНИИ

1. СИСТЕМЫ СТЕРЕОФОНИЧЕСКОГО РАДИОВЕЩАНИЯ

При введении стереофонического радиовещания пришлось преодолеть значительные затруднения Их причиной не являлась невозможность найти способ, который бы обеспечил стереофоническое радиовещание, так как существует большое количество более или менее равноценных способов. Дело было в том, что соответствующие ведомства в отдельных странах решали проблему, какой из множества разработанных систем отдать предпочтение, чтобы утвердить ее в качестве стандарта.

В настоящее время эта проблема почти решена. В США, например, уже в 1961 г. была стандартизована стереофоническая система, называемая часто «системой FCC» (Federal Communication Commision) или «системой с пилот-тоном». В Европе МККР (Международный консультативный комитет по радио) рекомендовал использовать

в своих странах-участницах частично модифицированную американскую систему. В некоторых странах-участницах МККР уже имеют место регулярные стереофонические радиопередачи. В Чехословакии и в других странах-участницах ОИРТ (Международная организация радиовещания и телевидения) также анализировались разные системы и уже ведутся экспериментальные радиопередачи*. Предполагается, что в этих странах через некоторое время также начнутся регулярные стереофонические радиопередачи.

При внедрении стереофонического радиовещания и при выборе для этой цели наиболее целесообразной системы необходимо учитывать то обстоятельство, что стереофоническое радиовещание должно удовлетворять целому ряду технических требований. Основным требованием является требование совместимости. Оно означает, что стереофоническую программу можно принимать на существующие в настоящее время радиоприемники, естественно, без стереофонического эффекта. Стереофонический приемник в свою очередь должен обеспечивать прием программ существующих монофонических передатчиков без ощутимого ухудшения качества приема. Условия приема стереофонических сигналов по сравнению с существующим радиовещанием не должны ухудшиться, дальность действия передатчика и отношение сигнал/шум на стороне приемника должны по возможности быть сохранены. Стереофоническая передача не должна занимать намного более широкую полосу частот, чем монофоническая передача, чтобы можно было сохранить существующее распределение частот передатчиков в радиовещательном диапазоне. Это значит, что, например, в радиовещательном диапазоне УКВ полоса частот, занимаемая стереофоническим передатчиком, не должна превышать 300 кГц (на практике 250 кГц), чтобы не создавать помехи в диапазонах частот, занимаемых соседними передатчиками. Расходы на реконструкцию передатчиков и на приспособление приемников при внедрении стереофонического радиовещания должны быть с экономической точки зрения умеренными. Стоимость стереофонических приемников не должна быть намного большей, чем высококачественных монофонических.

Далее будут коротко разобраны основные системы стереофонического радиовещания, и будут показаны их преимущества и недостатки.

Система с двумя передатчиками. Самым простым способом двухканальную стереофоническую передачу можно осуществить с помощью двух отдельных передатчиков и двух отдельных радиоприемников. Правый и левый каналы передаются при этом самостоятельно, каждый на своей частоте. Так же самостоятельно они принимаются. Этот способ особенно пригоден для первых опытов, для ознакомления общественности и для пропаганды стереофонического радиовещания при его внедрении; он не требует никакой специальной аппаратуры ни на передающей, ни на приемной сторонах. Наибольшей технической проблемой в этом случае является обеспечение двух равноценных каналов.

Этот способ непригоден для регулярной передачи стереофонических программ. Он был использован при первых эксперименталь-

---

* Постановлениями МККР и ОИРТ рекомендованы для использования две системы стереофонического радиовещания: советская система с полярной модуляцией (см. приложение) и американская система с пилот-тоном. (*Прим. ред.*)

ных стереофонических передачах на территории ЧССР, причем левый канал передавался через УКВ передатчик, а правый — через передатчик звукового сопровождения телевидения.

Система с одновременной частотной и амплитудной модуляцией. При помощи одновременной модуляции высокочастотной несущей по амплитуде и по частоте можно передавать две информации. Частотный спектр сигнала, модулированного таким способом, почти не отличается от спектра сигнала, модулированного только по частоте. Ширина полосы частот передатчика не меняется. Однако затруднения здесь возникают при детектировании в приемнике. Амплитудное детектирование можно осуществить обычным способом и без заметных искажений. Но при частотном детектировании с помощью обычных дискриминаторов большой процент амплитудной модуляции оказывает вредное влияние и значительно искажает результирующий сигнал. Для частотного детектирования необходимо использовать специально приспособленный дискриминатор, который с технической точки зрения очень сложен и дорог. Но даже в таком случае возникают значительные фазовые и амплитудные искажения, перекрестная модуляция и взаимные помехи в каналах.

Чтобы эта система была совместимой, для амплитудной модуляции используется суммарный сигнал обоих каналов *Л+П* (левый+правый), для частотной модуляции — разностный сигнал *Л—П**.

При воспроизведении с помощью обычного монофонического приемника в диапазонах с амплитудной модуляцией приемник нечувствителен к изменениям несущей частоты, и после детектирования образуется неискаженный сигнал *Л+П*. Стереофонический приемник при этой системе имеет за частотным и амплитудным детекторами простую схему, в которой сигналы *Л+П* и *Л—П* суммируются и вычитаются, и таким образом получаются сигналы

$$(Л + П) + (Л - П) = 2\,Л;$$

$$(Л + П) - (Л - П) = 2\,П.$$

Следовательно, на выходе приемника образуются раздельные значения левого и правого сигналов. Оба эти сигнала потом усиливаются двумя усилителями низкой частоты.

Улучшенным вариантом этой схемы является система Westinghouse. В этой системе разностный сигнал *Л—П* имеет ограниченный частотный диапазон 300—3000 Гц. При этом можно иметь меньшую девиацию частоты, что влечет за собой уменьшение перекрестной модуляции и взаимных помех между каналами. Качество передаваемой программы из-за ограниченного частотного диапазона разностного сигнала несколько ухудшается.

Система с отдельно модулированными боковыми полосами модуляции. Этот способ, разработанный фирмой RCA, использует амплитудную модуляцию несущей частоты. После модуляции результирующий сигнал обрабатывается таким образом, чтобы одна боковая полоса передавала модулированный сигнал левого канала, а другая — модулированный сигнал правого канала. В стереофоническом

---

* Это справедливо только тогда, когда передача ведется на длинных, средних и коротких волнах. При передаче в УКВ диапазоне для амплитудной модуляции должен использоваться сигнал *Л—П*, а для частотной — сигнал *Л+П*. (*Прим. ред.*)

радиоприемнике необходимо использовать специальный детектор, который разделял бы обе боковые полосы. При приеме монофоническим приемником суммируются обе боковые полосы, и мы получаем сумму сигналов обоих каналов. Однако монофонический прием при большой глубине модуляции искажен. Таким образом, имеет место только частичная совместимость.

Система с разделением по времени. Известно несколько систем, которые осуществляют передачу стереофонического сигнала по принципу временного разделения, т. е. путем быстрого переключения модулирующего напряжения, подаваемого на модулятор с левого на правый канал и обратно.

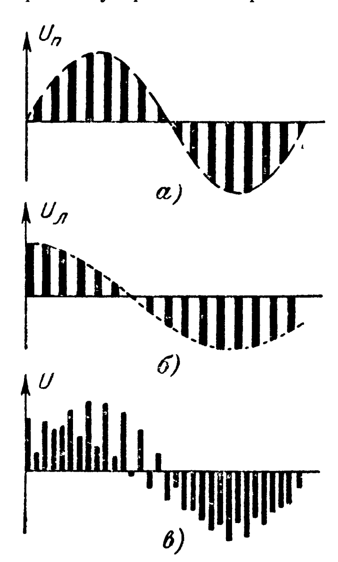


Рис. 33. Модуляция в системе с временны́м разделением каналов.

Наиболее подробно была разработана система PAM (Puls—Amplitude—Modulation). Сигналы обоих каналов на передающей стороне поочередно подаются через электронный переключатель на модулятор. Частота переключения лежит в сверхзвуковой области и равна 30 кГц. Этой частотой переключения на приемной стороне синхронизируется электронный переключатель, который после детектирования разделяет сигналы *Л* и *П*. Сигнал обоих стереофонических каналов состоит при этом из прямоугольных импульсов. Сигналы отдельных каналов затем подаются на входы усилителей низкой частоты через фильтры, которые подавляют частоты выше 15 кГц и тем самым устраняют из низкочастотного сигнала остатки частоты переключения и ее гармоник. Стереофонический приемник по этой системе содержит дополнительно 2—3 электронные лампы или транзистора для электронного переключателя и схемы синхронизации и, естественно, два идентичных усилителя низкой частоты.

Совместимость обеспечена, так как монофонический приемник воспроизводит суммарный сигнал *Л*+*П*.

На рис. 33, *а* и *б* показана форма импульсов модулирующих напряжений правого и левого каналов, а на рис 33, *в* — сигнал после переключателя При этом передатчик модулирован по частоте и передает в обоих каналах частоты до 15 кГц. Полоса частот, занимаемая стереофонической передачей, по сравнению с монофонической увеличивается при девиации частоты 75 кГц со 180 кГц примерно до 210 кГц, что можно считать допустимым. Отношение сигнал/шум вследствие увеличения полосы частот ухудшается в 4—8 раз. При приеме монофонической программы стереофоническим приемником данного типа отношение сигнал/шум примерно в 8 раз хуже, поэтому при моноприеме целесообразно отключать добавочные элементы схемы. Достигаемое переходное затухание между стереоканалами сравнительно хорошее.

На рис. 34 приведена структурная схема приемника для приема стереофонических программ, передаваемых с помощью временного разделения. Детектор приемника не отличается от обычного при моноприеме. За детектором отделяется частота переключения 30 кГц, которая с помощью схемы управления управляет электронным переключателем. С электронного переключателя снимаются сигналы правого и левого каналов и подаются на вход двухканального усилителя низкой частоты.

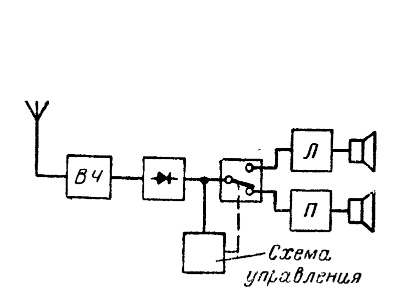


Рис. 34. Структурная схема приемника по системе с временным разделением каналов.

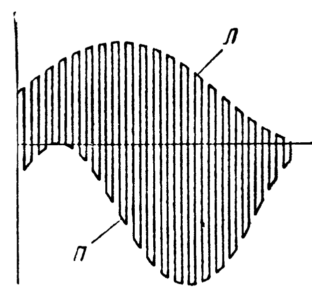


Рис. 35. Форма сигнала, модулирующего передатчик по системе с временны́м разделениме каналов.

Стереофонический сигнал после детектора имеет форму, показанную на рис. 35. Информация левого канала содержится в огибающей положительных полупериодов, информация правого канала — в огибающей отрицательных полупериодов. Сигналы, соответствующие правому и левому каналам, можно легко разделить с помощью двух детекторов с противоположной полярностью. Уменьшение коэффициента модуляции в приемнике можно получить, добавляя точно в фазе переключающее напряжение постоянного уровня.

Система с поднесущей частотой. Системы используют для передачи дополнительной информации поднесущую частоту, которая обычно модулируется разностным сигналом *Л—П*. Стереофонический передатчик модулируется смесью сигналов, которая состоит из суммарного сигнала *Л+П*, из поднесущей частоты и ее боковых полос. Поднесущую частоту обычно выбирают так, чтобы ее боковые полосы не заходили в диапазон звуковых частот. Ее можно модулировать по амплитуде или по частоте. Передатчик обычно модулируют стереофонической смесью по частоте. К системам с поднесущей частотой прежде всего относятся системы Crosby, Armstrong a. Griese. Они отличаются только частотой поднесущей и разным способом модуляции передатчика; Armstrong использует поднесущую 27,5 кГц, Crosby — 50 кГц и Griese — 40 кГц (рис. 36). У этих систем в приемнике после первого детектирования из смеси выделяется суммарный сигнал *Л+П*. Поднесущая частота снова усиливается и детектируется, что дает возможность получить разностный сигнал *Л—П*.

Все приведенные системы совместимы. При приеме монофоническим приемником после детектирования с помощью схемы компенсации предыскажений (контур, ослабляющий верхние частоты) отфильтровываются надтональные частоты и на вход усилителя низкой частоты подается только суммарный сигнал *Л+П*.

В системе с амплитудно-модулированной поднесущей частотой полный стереофонический сигнал, получаемый после первого детектирования, аналогичен сигналу, который был использован для модуляции передатчика. Он содержит сигнал *Л+П*, поднесущую частоту и ее боковые полосы, как показано на рис. 37. В случае, когда отношение между амплитудой огибающей и амплитудой суммарного сигнала равно 1 : 1, результирующий стереофонический сигнал имеет форму, показанную на рис. 38. Верхняя огибающая образована сигналом левого канала, огибающая отрицательных полупериодов — сигналом правого канала*.

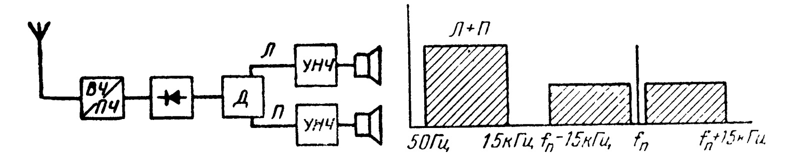


Рис. 36. Структурная схема приемника по системе с поднесущей частотой.

Рис. 37. Спектр комплексного стереофонического сигнала (КСС) системы с поднесущей частотой.

С математической точки зрения можно сказать, что полный стереофонический сигнал представляет собой сумму сигнала *Л+П* и поднесущей частоты, амплитудно-модулированной разностным сигналом *Л—П*. Следовательно, верхняя огибающая амплитудно-модулированной поднесущей имеет форму сигнала (*Л—П*), а нижняя огибающая — форму (*Л—П*). После сложения с суммарным сигналом образуется сигнал, верхняя огибающая которого равна (*Л+П*)+(*Л—П*)=2*Л*, а нижняя огибающая (*Л+П*)—(*Л—П*)= =2*П*. Структурная схема приемника системы с амплитудно-модулированной поднесущей частотой изображена на рис. 36.

Приемник до детектора имеет обычное устройство. После детектора включен декодер *Д*, который состоит в самом простом случае из двух детекторов противоположной полярности и из схем компенсации предыскажений (рис. 39). Выходное напряжение правого и левого каналов подается на вход двухканального усилителя низкой частоты.

Если сравнить форму полного стереофонического сигнала системы с временным разделением (рис. 35) и системы с амплитудно-модулированной поднесущей частотой (рис. 38), то видно, что при соблюдении определенных условий оба сигнала равноценны и для их детектирования можно использовать аналогичные схемы. Обе системы, несмотря на то, что используют разные средства для создания стереофонического сигнала на передающей стороне, по ре-

* Такой сигнал называется полярно-модулированным колебанием (см. приложение). (*Прим. ред.*)

зультатам и аппаратуре на приемной стороне очень похожи друг на друга*.

К системам с поднесущей частотой относится также система Zenith (фирма Zenith Radio Corporation), которая совместно с далее описанной системой GEC послужила основой для используемой в настоящее время американской системы FCC. Система Zenith использовала поднесущую частоту 38 кГц, которая была, однако, перед частотным модулятором частично подавлена таким образом, чтобы девиация частоты от поднесущей составляла лишь около 10% общей девиации частоты передатчика. Кроме поднесущей 38 кГц,

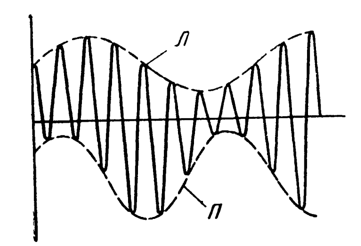


Рис. 38. Форма модулирующего сигнала системы с поднесущей частотой.

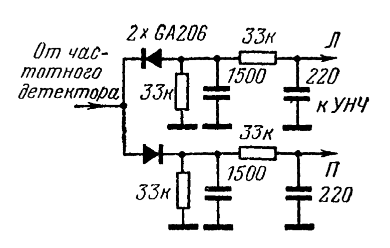


Рис. 39. Простейшая схема декодера системы с амплитудно-модулированной поднесущей частотой.

в этой системе можно было использовать еще вторую поднесущую частоту для передачи так называемого сигнала SCA (SCA — Subsidiary Communications Authorisation). Доля девиации частоты от этого третьего канала в общей девиации была мала. С помощью этого канала можно было передавать музыкальные эффекты, музыкальный фон и т. д., причем прежде всего для коммерческих целей.

На рис. 40 приведен пример более сложной схемы декодера для системы с амплитудно-модулированной поднесущей частотой. На вход этого декодера подается сигнал с дробного детектора приемника. Первая половина двойного триода работает в качестве усилителя комплексного стереофонического сигнала, а вторая — в качестве катодного повторителя. С выхода катодного повторителя сигнал поступает на полярный детектор (рис. 39).

Сравнивая схему на рис. 40 со схемой декодеров для стандарта FCC (широко используемого в настоящее время), видим, что декодирующая схема у описываемой системы значительно проще, но для приема по стандарту, установленному в ЧССР, декодер нельзя использовать, так как отсутствует схема для восстановления поднесущей частоты из пилот-тона.

---

* Здесь автор не указывает на различие сигналов в системах. Сигнал на рис. 35 представляет собой модулированные прямоугольные импульсы, а сигнал на рис. 38 — модулированную синусоиду. Это различие весьма существенно для характеристик системы и аппаратуры. (*Прим. ред.*)

Система с пилот-тоном, или система с подавленной поднесущей частотой. Такой системой является система GEC (General Electric Company), разработанная в США, которая с небольшими изменениями послужила основой для американского стандарта FCC. Это по существу система с амплитудно-модулированной поднесущей частотой 38 кГц. Однако поднесущая частота в передатчике подавляется, и для модуляции основной несущей частоты используются только ее боковые полосы. Тем самым обеспечивается лучшее использование передатчика. Чтобы на стороне приемника можно было

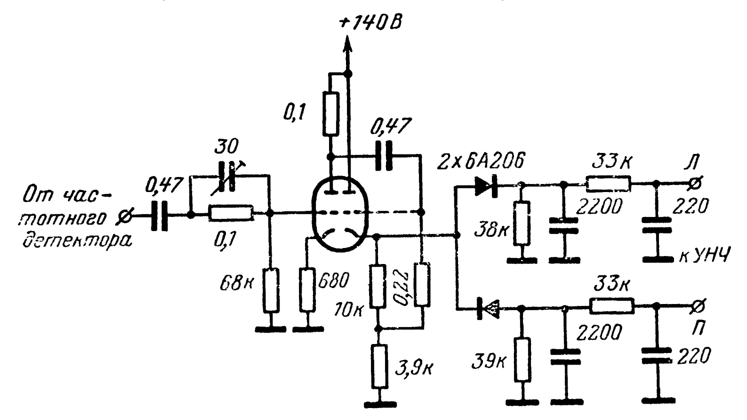


Рис. 40. Полная схема декодера системы с амплитудно-модулированной поднесущей частотой.

точно воспроизвести частоту поднесущей (она необходима для детектирования), к модулирующему комплексному стереофоническому сигналу добавляется еще пилот-тон 19 кГц, который связан с поднесущей частотой. Из пилот-тона в приемнике путем удвоения частоты получается частота поднесущей.

На передающей стороне из сигналов левого и правого каналов создается в матричной схеме суммарный сигнал *Л*+*П* и разностный сигнал *Л*—*П*. Разностным сигналом потом амплитудно модулируется поднесущая частота 38 кГц. При модуляции поднесущая частота подавляется, так что имеются только две боковые полосы, образующие так называемый вспомогательный канал. Если диапазон звуковых частот обоих каналов лежит в пределах от 30 Гц до 15 кГц, то вспомогательный канал будет содержать частоты от 23 до 53 кГц. Суммарный сигнал *Л*+*П*, содержащий частоты 30 Гц—15 кГц, называют основным каналом. Полный комплексный стереофонический сигнал (КСС) получается суммированием сигналов основного канала, вспомогательного канала и пилот-тона 19 кГц. Его частотный спектр показан на рис. 41. Этим сигналом модулируется по частоте передатчик. Кроме только что описанного способа, можно такой же КСС получить с помощью устройства, работающего на принципе временного разделения каналов.

Совместимость этой системы полная. При приеме стереофонического радиовещания обычным монофоническим приемником за

дискриминатором (или дробным детектором) образуется суммарный сигнал $Л+П$, так как надтональные частоты подавлены схемой компенсации предыскажений. Следовательно, приемник воспроизводит полную программу обоих каналов. Отношение сигнал/шум ухудшается (примерно на 1 дБ). При приеме монофонического радиовещания стереофоническим приемником воспроизводится полная передаваемая программа одновременно обоими каналами. Но в этом случае отношение сигнал/шум ухудшается примерно на 20 дБ, так как при детектировании вспомогательного канала получается не полезный сигнал, а только шум. Поэтому рекомендуется при приеме более удаленных монофонических передатчиков отключать стереофонический декодер.

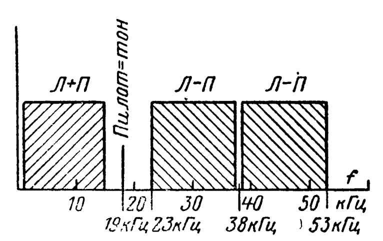


Рис. 41. Спектр КСС системы с пилот-тоном (GEC).

Стереофонический приемник по этой системе состоит из высокочастотного тракта обычного ЧМ приемника, из декодера и двух усилителей низкой частоты. Высокочастотный тракт должен при этом иметь полосу частот 200—300 кГц, а дискриминатор должен иметь характеристику S-кривой, линейную в этом диапазоне.

С учетом этих примечаний можно для приема стереофонического радиовещания по этой системе приспособить любой ЧМ приемник с двухканальным УНЧ. Переделка заключается только в добавлении стереофонического декодера, как показано на рис. 42, и в перестройке тракта промежуточной частоты на более широкую полосу пропускаемых частот. Структурная схема приспособленного таким образом приемника является одновременно и структурной схемой приемника, созданного специально для приема стереофонического радиовещания в соответствии с данным стандартом.

Описанная система стереофонического радиовещания GEC наиболее близка к европейскому стандарту и отличается от него лишь в некоторых деталях.

Американский стереофонический стандарт FCC и основанный на нем европейский стандарт будут более подробно описаны далее.

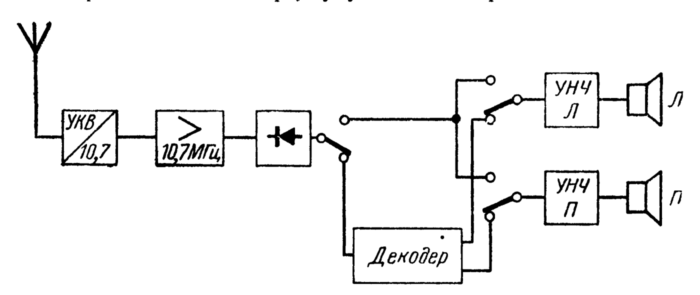


Рис. 42. Структурная схема приемника системы с пилот-тоном.

2. СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ СТАНДАРТ FCC И ЕГО ЕВРОПЕЙСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ

Американский стереофонический стандарт FCC является модификацией системы с пилот-тоном и был разработан на основе уже описанных систем Zenith и GEC. Эту систему можно по существу считать уточненной и улучшенной системой GEC. Если учитывать то обстоятельство, что этот стандарт принят в американских государствах* и является основой европейского стандарта, будет целесообразно более подробно описать свойства этой системы.

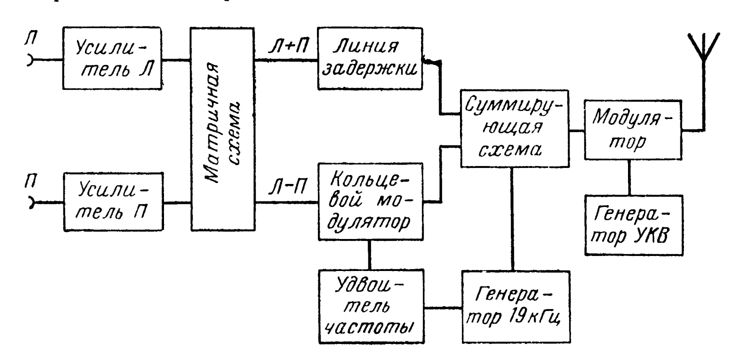


Рис. 43. Образование КСС в системе FCC.

Как было указано, система FCC является по существу системой с пилот-тоном и с полностью подавленной поднесущей частотой. Образование комплексного стереофонического сигнала (КСС) классическим способом будет описано на основе структурной схемы, приведенной на рис. 43. Сигналы правого и левого каналов подаются через соответствующие усилители, содержащие схему предыскажений с постоянной времени 50 мкс**, на вход матричной схемы.

Источником сигнала в левом и правом каналах может быть грампластинка, магнитофон или непосредственная передача программы.

В матричной схеме из сигналов левого и правого каналов создается суммарный сигнал *Л+П* (иногда обозначается *М*) и разностный сигнал *Л—П* (обозначаемый *S*). Разностный сигнал подается на кольцевой модулятор или другое модулирующее устройство, которое подавляет несущую частоту. На кольцевой же модулятор подается поднесущая частота 38 кГц, которая создается в удвоителе частоты как вторая гармоника пилот-тона.

В кольцевом модуляторе разностный сигнал *Л—П* амплитудно модулирует поднесущую частоту 38 кГц, причем сама поднесущая подавляется. Боковые полосы поднесущей с кольцевого модулятора

---

* Стандарт FCC принят в США и Канаде. (*Прим. ред.*)

** В США и Канаде принята постоянная времени предыскажений 75 мкс. (*Прим. ред.*)

подаются на суммирующую схему, в которой к ним добавляется суммарный сигнал *Л+П* и пилот-тон 19 кГц. Суммарный сигнал *Л+П* подается на суммирующую схему через элемент задержки, который компенсирует запаздывание разностного сигнала в кольцевом модуляторе так, чтобы между сигналами не было фазового сдвига. Комплексный стереофонический сигнал, возникающий в суммирующей схеме, после усиления подается на модулятор передатчика.

Стандарт FCC допускает, кроме того, еще передачу третьего, так называемого канала SCA, сигналом которого модулируется поднесущая частота 67 кГц. Его доля в общей модуляции передатчика

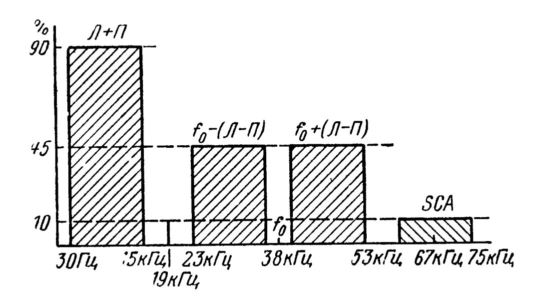


Рис. 44. Спектр КСС в соответствии со стандартом FCC.

при этом не должна превысить 10% общего уровня модуляции. Спектр комплексного стереофонического сигнала в соответствии со стандартом FCC показан на рис. 44.

Кроме описанного способа, комплексный стереофонический сигнал в системе FCC можно получить и с помощью схем, работающих по принципу временного разделения, т. е. путем быстрого переключения сигналов правого и левого каналов (см. стр. 48).

На приемной стороне высокочастотный сигнал обрабатывается обычным способом в высокочастотном тракте и тракте промежуточной частоты УКВ радиоприемника, а после частотного детектирования КСС, содержащий слагаемые в соответствии с рис. 44, поступает в декодер. Кривая избирательности тракта промежуточной частоты и частотная характеристика (*S*-кривая) частотного детектора должны быть при этом несколько шире, чем в случае монофонического радиоприема. Декодер может работать в обратной последовательности по сравнению с той, которая была описана для создания КСС, т е. составляющие КСС вначале отделяются друг от друга; из пилот-тона образуется поднесущая частота, затем осуществляется детектирование разностного сигнала *Л—П*. Наконец, в матричной схеме из сигналов *Л+П* и *Л—П* образуются сигналы левого и правого каналов, которые потом подаются на входы двухканального усилителя низкой частоты.

Кроме описанного способа декодирования (матричный декодер), стереофонический сигнал можно декодировать полярным детектором или с помощью декодера, работающего на принципе временно-

го разделения (см. стр. 53). Согласно стандарту FCC КСС должен иметь следующие параметры:

1. Основной канал образуется как сумма левого и правого стереофонических каналов.

2. Пилот-тон 19 кГц со стабильностью ∓2 Гц модулирует несущую передатчика на 8—10 % от полной девиации частоты.

3. Поднесущая частота является второй гармоникой пилот-тона и находится с ним в фазе. Следовательно, напряжение поднесущей частоты пересекает ось времени снизу вверх всегда в те же моменты, в которые эту ось пересекает напряжение пилот-тона.

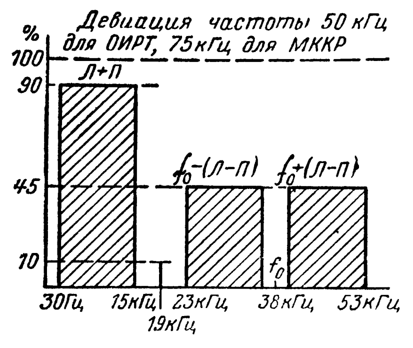


Рис. 45. Спектр КСС в соответствии с европейским стандартом.

4. Поднесущая частота 38 кГц модулируется по амплитуде, и ее частота должна быть после модуляции подавлена до такой степени, чтобы она не модулировала основную несущую больше, чем на 1% от общей девиации частоты.

5. Модулирующим сигналом для поднесущей частоты является разностный сигнал левого и правого стереофонических каналов с шириной передаваемого диапазона частот 30 Гц—15 кГц. Используемые схемы предыскажений имеют постоянную времени 75 мкс (в Европе 50 мкс). Суммарный сигнал имеет тот же диапазон частот и постоянную времени предыскажений.

6. Обе боковые поднесущей частоты могут модулировать основную несущую максимально на 45% от общей девиации частоты, если низкочастотная модуляция имеется только в одном (левом или правом) канале. Общая девиация частоты передатчика от суммарной и разностной информации может достигать 90%.

7. Амплитудная характеристика основного канала должна соответствовать вспомогательному каналу, включая предыскажения, с точностью до ∓0,3 дБ. Фазовое отклонение не должно превышать ∓3°. При соблюдении этих условий минимальное переходное затухание между каналами должно быть около 29,7 дБ во всем передаваемом диапазоне от 50 Гц до 15 кГц.

8. Требование к коэффициенту гармоник одинаково для вспомогательного и для основного каналов, а следовательно, и для монофонического варианта. Значение коэффициента гармоник всего тракта не должно превышать 3,5% в полосе 50—100 Гц, 2,5% в полосе 100 Гц — 7500 Гц и 3% в полосе 7,5—15 кГц.

9. Передача программы SCA (музыкальный фон для коммерческих целей и по особому разрешению) с помощью еще одного вспомогательного канала допускается, но его поднесущая частота 67 кГц должна модулировать основную несущую частоту не больше, чем на 10% от общей девиации. Переходное затухание между этим вспомогательным каналом и любым из двух стереофонических каналов должно быть при полной девиации основной несущей частоты больше, чем 60 дБ. (В тексте основным каналом называется канал передачи суммарного сигнала *Л+П*, вспомогательным кана-

лом называется канал передачи разностного сигнала *Л—П* и боковых полос поднесущей частоты, модулированных разностным сигналом *Л—П*).

С математической точки зрения кодированный стереофонический сигнал (без опорной частоты) можно описать с помощью уравнения

$$U_{(t)} = (u_{л} + u_{п}) + (u_{л} - u_{п}) \cos \omega_{n} t,$$

где $\omega_n = 2\pi f_n$ — частота поднесущей; $u_л$ — напряжение низкочастотного сигнала в левом канале; $u_п$ — напряжение низкочастотного сигнала в правом канале.

Для европейских государств конференцией МККР было рекомендовано использовать американский стандарт FCC с некоторыми небольшими изменениями. В Европе не предполагается использовать вспомогательный канал SCA; постоянная времени предыскажений равна 50 мкс, и установлено, что в качестве генератора 19 кГц должен быть в целях стабильности использован кварцевый генератор.

3. СОСТОЯНИЕ СТЕРЕОФОНИЧЕСКОГО РАДИОВЕЩАНИЯ В РАЗНЫХ СТРАНАХ

Стереофоническое радиовещание в настоящее время наиболее распространено в США (в 1961 г. был утвержден стандарт FCC). В США более 300 передатчиков в диапазоне УКВ передает стереофонические программы. Некоторые передатчики работают в стереорежиме только несколько часов в день, другие по 14—16 ч в сутки. В больших городах можно уже принимать несколько стереофонических программ. Стереофонические передачи в большинстве случаев представляют собой проигрывание грампластинок и магнитофонных лент, и только малую часть составляют прямые передачи.

Из других стран первой приняла американский стандарт Канада. Вначале в Канаде стереофонические программы передавали частные радиокомпании, в 1966 г. к ним присоединилась и государственная радиокомпания CBC (Canadian Brodcasting Corporation).

В Японии первые экспериментальные стереофонические передачи имели место в 1963 г. Японский стереофонический стандарт подобен стандарту FCC и также является системой с пилот-тоном. Регулярные передачи стереофонических программ в больших городах начались с 1965 г.

Большинство развитых европейских стран начало в 1964 г. экспериментальные стереофонические передачи; регулярные стереофонические передачи начались в 1966—1967 гг.* С помощью системы с пилот-тоном (модифицированный стандарт FCC) постепенно начинаются передачи в ФРГ, Англии, Франции, Австрии, Италии, Швеции, Голландии и т. д.

Исходя из своего географического положения и имеющихся условий, систему с пилот-тоном (т. е. европейскую модификацию стандарта FCC) сразу приняли ГДР и ЧССР. Официальные экспериментальные передачи в ГДР были начаты в Берлине 15/IX 1964 г.

---

* В Советском Союзе регулярное стереофоническое вещание началось в 1963 г. В настоящее время СССР — одна из стран с широко развитым стереофоническим вещанием. (*Прим. ред*)

В ЧССР была принята система с пилот-тоном. Официальные экспериментальные стереофонические передачи начались в марте 1966 г. в Праге. Разработка декодеров для стереофонических приемников была начата в 1964—1965 гг. в VUST Прага и ТЕСЛА Братислава. В 1965 г. была закончена разработка декодера на электронных лампах, и была выпущена опытная серия. Разработка транзисторного декодера была закончена в 1966 г.; были выпущены первые серии транзисторных стереофонических декодеров. ТЕСЛА Братислава уже в конце 1966 г. и в течение 1967 г. выпускала радиоприемник II класса Capricio и радиолу Capella, которые были подготовлены для приема стереофонических передач, но еще не содержали декодер. Приемник Capricio и радиола Capella имели двухканальный усилитель низкой частоты; усилитель промежуточной частоты и дробный детектор имели необходимую для стереоприема полосу пропускания. Но для приема стереофонического радиовещания необходимо было встроить в них декодер.

Первым чехословацким радиоприемником, способным без приспособлений и дополнений принимать программы стереофонического радиовещания, явился радиоприемник TESLA 538A — Stereodirigent, который поступил в продажу в 1969 г.

4. ТЕХНИКА СТЕРЕОФОНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

Для передачи стереофонических радиовещательных программ может быть использован любой передатчик с частотной модуляцией в диапазоне УКВ, который допускает модуляцию спектром частот от 30 Гц до 53 кГц и общие искажения которого находятся при этом в допустимых пределах. Переделка обыкновенных монофонических передатчиков для стереофонической передачи заключается прежде всего в приспособлении схемы модуляции передатчика и добавлении нового блока, называемого стереофоническим модулятором. В стереофонических модуляторах из сигналов левого и правого каналов образуется КСС, соответствующий стандарту, этим сигналом затем модулируется передатчик (рис. 46).

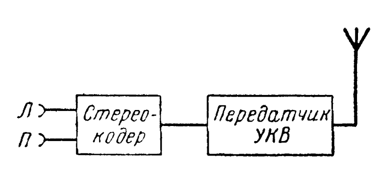


Рис. 46. Блок-схема стереофонического передатчика.

Приспособление радиостудии заключается прежде всего в установке двухканальной низкочастотной аппаратуры, магнитофонов, проигрывателей, пультов управления и приспособлений студии записи.

Существенной и новой частью стереофонических радиопередатчиков является, следовательно, стереофонический модулятор, в котором создается стандартный КСС требуемого качества. Создание КСС в модуляторе может осуществляться классическим способом, коротко описанным на стр. 47, или на принципе временного разделения. В соответствии с этим модуляторы можно разделить на матричные и с временным разделением.

Структурная схема матричного модулятора приведена на рис. 47. Низкочастотные сигналы левого и правого каналов усиливаются и

передаются через цепи предыскажений в матричную схему, в которой из сигналов правого $u_п$ и левого $u_л$ каналов создаются суммарный сигнал $M = (u_л + u_п)$ и разностный сигнал $S = (u_л - u_п)$. Разностный сигнал S поступает на балансный модулятор, в котором модулирует по амплитуде поднесущую частоту $f_n = 38$ кГц так, что основная гармоника поднесущей подавляется. Полученный таким образом сигнал имеет вид:

$$s_{(t)} = (u_л - u_п) \cos \omega_n t.$$

Роль балансного модулятора чаще всего выполняет кольцевой модулятор, схема которого показана на рис. 48.

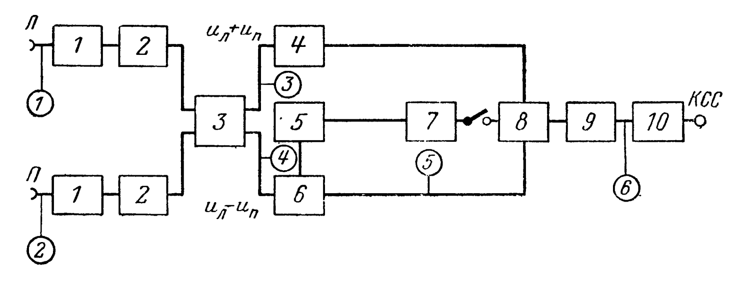


Рис. 47. Структурная схема матричного стереокодера.

1 — усилители; *2* — цепи предыскажений; *3* — матричная схема; *4* — линия задержки; *5* — удвоитель частоты пилот-тона; *6* — балансный модулятор; *7* — генератор 19 кГц; *8* — суммирующая схема; *9* — фильтр $f = 53$ кГц; *10* — усилитель КСС.

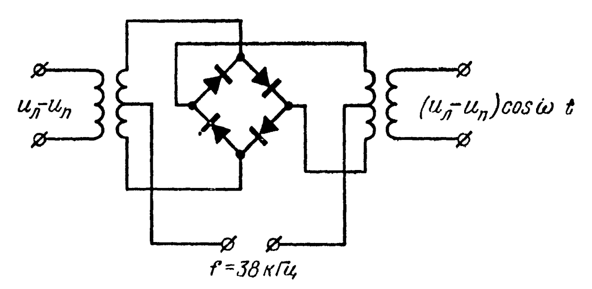


Рис. 48. Кольцевой модулятор для амплитудной модуляции с подавленной поднесущей частотой

Боковые полосы поднесущей частоты, которые возникают на выходе балансного модулятора, подаются вместе с суммарным сигналом M и пилот-тоном 19 кГц на вход суммирующей схемы, в которой путем сложения создается КСС:

$$U_{(t)} = (u_л + u_п) + (u_л - u_п) \cos \omega_n t + a \cos \omega_0 t,$$

где $a \cos \omega_0 t$ означает долю пилот-тона во всем КСС.

Между балансным модулятором и суммирующей схемой иногда включают фильтр с полосой пропускания 23—53 кГц, который подавляет нежелательные частоты, возникающие в модуляторе. Суммарный сигнал *M* поступает в суммирующую схему через линию задержки (30—40 мкс), которая выравнивает фазовые сдвиги, возникающие при модуляции.

После суммирующей схемы КСС через фильтр подается на выходной усилитель. Фильтр должен подавлять прежде всего гармоники поднесущей частоты, а в полосе 30 Гц— 53 кГц должен, кроме того, вносить минимальные амплитудные и фазовые искажения.

Пилот-тон 19 кГц создается кварцевым генератором с точностью ∓2 Гц Поднесущая частота образуется путем удвоения час-

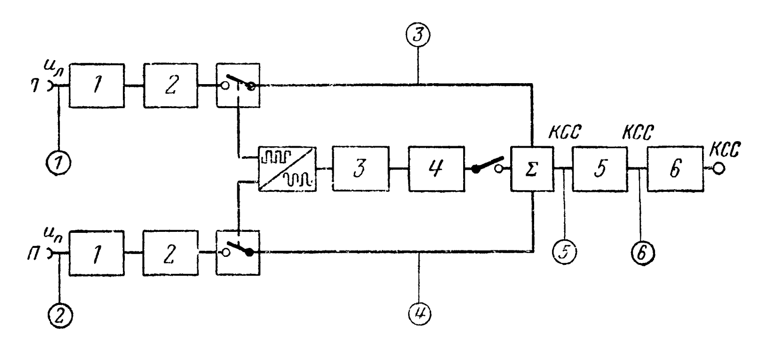


Рис. 49. Структурная схема стереокодера с временны́м переключателем.

1 — усилители; *2* — цепи предыскажений; *3* — удвоитель частоты пилот-тона; *4* — генератор 19 кГц; *5* — фильтр 53 кГц; *6* — усилитель.

тоты пилот-тона. В линию связи, по которой подается пилот-тон в суммирующую схему, всегда включено фазирующее звено, с помощью которого устанавливается фаза пилот-тона по отношению к фазе поднесущей частоты так, чтобы удовлетворялись требования к каналам передачи.

На рис. 49 приведена структурная схема модулятора с временным разделением. Этот вид модулятора в настоящее время применяется наиболее часто, так как имеет по сравнению с матричным вариантом ряд преимуществ. Основным преимуществом является то, что входные сигналы не преобразуются в суммарные и разностные, что позволяет сохранить в КСС точное отношение амплитуд суммарного сигнала и имеющегося в боковых полосах разностного сигнала во всей передаваемой полосе звуковых частот от 30 Гц до 15 кГц.

Так же, как в матричном модуляторе, сигнал левого и правого каналов вначале усиливается и подается на вход схемы предыскажений. Однако далее он подается не на вход матричной схемы, а непосредственно на электронный переключатель, который является главной частью модулятора и в такт с поднесущей частотой 38 кГц переключает на выход поочередно сигнал левого и правого каналов (рис. 50).

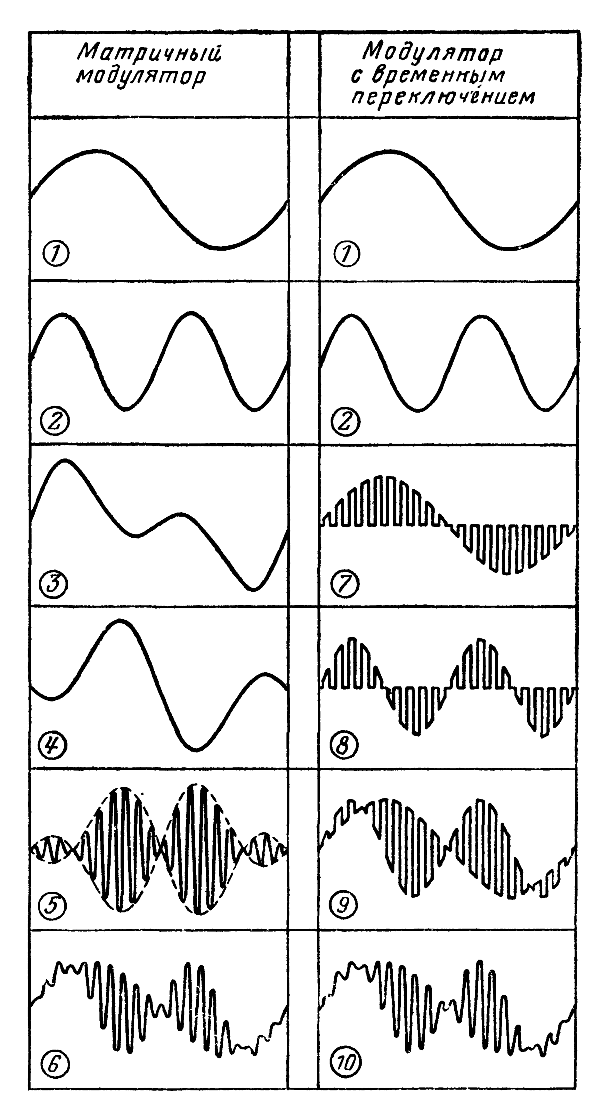


Рис. 50. Получение КСС в матричном кодирующем устройстве и в кодирующем устройстве с временным переключением.

1 — сигнал *Л*; *2* — сигнал *П*; *3* — суммарный сигнал *Л+П*; *4* — разностный сигнал *Л—П*; *5* — сигнал *Л—П* после модуляции с подавленной поднесущей частотой 38 кГц; *6* — КСС (без пилот-тона); *7* — сигнал за переключателем — только в канале *Л*; *8* — сигнал за переключателем — только в канале *П*; *9* — КСС на выходе переключателя; *10* — КСС за фильтром (без пилот-тона)

Математическим выражением выходного сигнала, который возникает вследствие такого переключения, согласно разложению в ряд Фурье является:

$$U_{(t)}=(u_л+u_п)+(u_л-u_п)\frac{4}{\pi}\left(\cos\omega t-\right.$$

$$\left.-\frac{1}{3}\cos 3\omega t+\frac{1}{5}\cos 5\omega t-\cdots\right).$$

Если отфильтровать высшие гармоники поднесущей частоты, то получим сигнал

$$U_{(t)}=(u_л+u_п)+(u_л-u_п)\frac{4}{\pi}\cos\omega t,$$

который отличается от КСС, установленного стандартом FCC, только коэффициентом $4/\pi$ у разностного слагаемого. Увеличение амплитуды разностного слагаемого $u_л-u_п$ у модулятора с временным разделением можно компенсировать соответствующим изменением входных сигналов или подбором соотношения величин резисторов R_1 и R_2 электронного переключателя (см. рис. 53). При соблюдении соответствующих условий получим абсолютно одинаковые результирующие КСС независимо от того, были они получены в матричном модуляторе или в модуляторе с временным разделением. Отдельные этапы получения КСС у обоих типов модуляторов показаны на

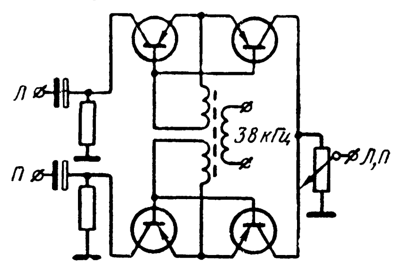


Рис. 51. Транзисторный электронный переключатель.

рис. 50. КСС, который образуется в модуляторе с временным разделением на выходе электронного переключателя, суммируется с пилот-тоном и подается через фильтр нижних частот 0—53 кГц на выходной усилитель. Способ создания пилот-тона и поднесущей частоты такой же, как у матричного модулятора. Синусоидальный сигнал поднесущей частоты для управления электронным переключателем обычно преобразуется в прямоугольный сигнал.

В качестве электронного переключателя может быть использован переключатель на электронных лампах, транзисторах или на диодах. В высококачественных модуляторах используют транзисторные переключатели или переключатели со специальными электронными лампами. Схема транзисторного переключателя приведена на

рис. 51. Переключатель обеспечивает полное разделение переключающей схемы и схемы модуляции.

В наиболее высококачественных стереофонических устройствах с временным разделением (например, кодирующее устройство MST6 фирмы Loewe Opta) используется схема переключателя, приведенная на рис. 52. Переключатель содержит две специальные электронные лампы (так называемые beam-deflection-tubes), и переключение осуществляется отклонением пучка электронов на один из двух анодов каждой лампы.

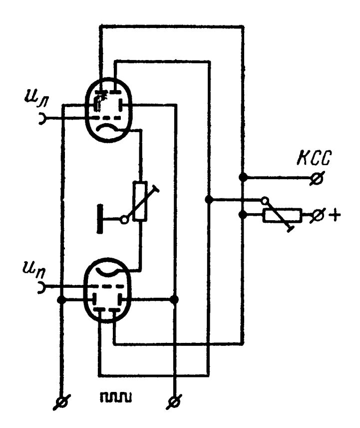


Рис. 52. Электронный переключатель со специальными лампами (лампы с электронно-лучевым отклонением).

Рис. 53. Эквивалентная схема электронного переключателя модулятора с временным переключателем.

На рис. 53 приведена эквивалентная схема переключателей, изображенных на рис. 51 и 52. Соотношением сопротивлений R_1 в прямом и R_2 в обратном направлениях можно получить требуемое отношение суммарного и разностного сигналов в результирующем закодированном сигнале.

5. ТЕХНИКА СТЕРЕОФОНИЧЕСКОГО ПРИЕМА

Стереофонический приемник по существу состоит из входного блока УКВ и тракта промежуточной частоты обычного монофонического приемника (с более широкой полосой), из декодирующей схемы и двухканального УНЧ. Специфическим элементом стереофонического приемника является стереодекодер, который в настоящее время выпускается как самостоятельный блок и помещается между частотным детектором приемника и двухканальным УНЧ. Структурная схема стереофонического приемника приведена на рис. 54.

Стереодекодер является устройством, с помощью которого из КСС создаются на выходе сигналы левого и правого каналов. Для обеспечения работы декодера необходимо восстановить сигнал поднесущей частоты 38 кГц. Он создается из пилот-тона путем удвоения

частоты или синхронизации специального генератора. Можно сказать, что стереодекодер всегда состоит из двух частей: из схемы восстановления поднесущей частоты и из собственно декодирующей схемы.

Само декодирование может осуществляться двумя различными способами, а именно: на основе разделения суммарного и разностного сигналов (матричный декодер) и временным разделением (декодер с временным разделением). Кроме этих двух способов, известен еще один способ, который по существу является модификацией первых двух. При этом способе осуществляется декодирование на

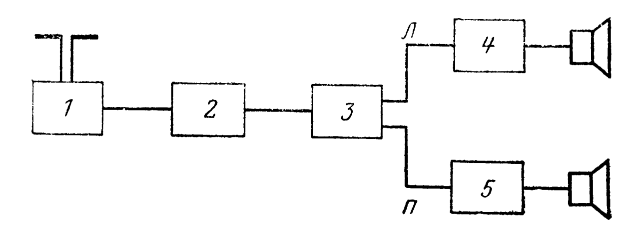


Рис. 54. Структурная схема стереофонического приемника.

1 — тракт принимаемой частоты; *2* — тракт промежуточной частоты; *3* — декодер; *4* — левый УНЧ; *5* — правый УНЧ.

основе детектирования огибающих КСС с добавлением поднесущей частоты (стереодекодер с полярным детектором).

Матричный стереодекодер. Принцип работы матричного декодера противоположен принципу создания (классическим способом) в передатчике кодированного стереофонического сигнала. Структурная схема матричного декодера приведена на рис. 55. Вначале КСС усиливается в предварительном усилителе *1*. Потом с помощью фильтров (*2*, *3*, *4*) разделяется на суммарный сигнал *Л*+*П* (основной канал), на сигнал, создаваемый боковыми полосами модуляции поднесущей частоты (вспомогательный канал), и пилот-тон 19 кГц. С помощью пилот-тона в схеме восстановления *7* создается сигнал поднесущей 38 кГц, который вместе с частотами вспомогательного канала подается на детектор. После детектора полученный разностный сигнал *Л*—*П* поступает вместе с суммарным сигналом на вход матричной схемы, в которой путем сложения и вычитания создаются сигналы левого и правого стереофонических каналов. Схему детектирования удобно составить из двух детекторов противоположной полярности, на выходе которых возникают сигналы +(*Л*—*П*) и —(*Л*—*П*). Из них простым добавлением к суммарному сигналу получают сигналы *Л* и *П*:

$$(Л + П) + (Л - П) = 2\,Л; \; (Л + П) - (Л - П) = 2\,П.$$

Поэтому детектор обычно бывает собран по схеме балансного кольцевого детектора или симметричного детектора, собранного по мостовой схеме (см. рис. 93). Преимуществом симметричного балансного детектора является то, что на его выходе нежелательный

сигнал поднесущей частоты уже достаточно подавлен. Схема включения кольцевого детектора по существу не отличается от схемы включения кольцевого модулятора (рис. 48).

Стереодекодер с временным разделением. Для пояснения работы этого декодера на рис. 57 еще раз приведена форма КСС без пилот-тона (сравни с рис. 50, кривая *6* или *10*). Из рисунка видно, что огибающими этого сигнала являются непосредственно сигналы левого и правого стереофонических каналов. Если поднесущая частота подавлена, то огибающие пересекаются. Максимумы и минимумы остатков поднесущей частоты находятся поочередно на огибающих

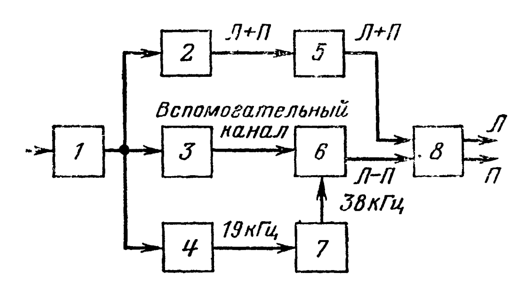


Рис. 55. Структурная схема матричного декодера.

1 — предварительный усилитель; *2* — фильтр нижних частот 30 Гц — 15 кГц; *3* — полосовой фильтр 23—53 кГц; *4* — фильтр 19 кГц; *5* — схема амплитудной и фазовой коррекции; *6* — детектор; *7* — схема восстановления поднесущей частоты; *8* — матричная схема

левого и правого каналов. Следовательно, сигналы обоих каналов можно легко получить путем синхронного переключения КСС с частотой 38 кГц с помощью электронного переключателя поочередно на вход УНЧ левого и правого каналов. Но полученные таким образом сигналы имеют характер импульсов с частотой повторения 38 кГц; правильную форму сигналов *Л* и *П* из них можно получить с помощью сглаживающих конденсаторов. Такой способ декодирования КСС является прямо противоположным способу создания этого сигнала путем временного разделения.

С математической точки зрения КСС без пилот-тона можно записать как

$$u_{(t)} = (Л + П) + (Л - П)\cos \omega t.$$

Огибающие получим, положив $\cos\omega t = 1$ и $\cos\omega t = -1$. Для верхней огибающей получаем:

$$O_1 = (Л + П) + (Л - П) = 2\,Л;$$

для нижней огибающей

$$O_2 = (Л + П) - (Л - П) = 2\,П.$$

Структурная схема декодера с временным разделением приведена на рис. 56. На входе отделяется пилот-тон 19 кГц и подается на восстановитель поднесущей частоты. Частота 38 кГц, которая

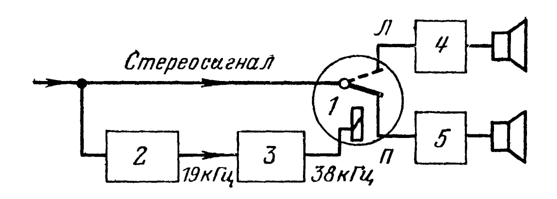


Рис. 56. Структурная схема декодера с временны́м переключением.

1 — электронный переключатель; *2* — фильтр 19 кГц; *3* — удвоитель частоты; *4* — левый УНЧ; *5* — правый УНЧ.

создается в восстановителе, подается на вход электронного переключателя, который синхронно с частотой поднесущей переключает сигнал на усилитель левого и правого каналов. В качестве электронного переключателя может быть использован кольцевой детектор, двойной балансный детектор, а также простой мост или двойной мост на диодах (см. рис. 147 и 148). Принцип работы и разные типы электронных переключателей более подробно будут описаны далее.

Стереодекодер с полярным детектором. Если к КСС добавить в фазе поднесущую частоту, то огибающие удаляются друг от друга и получается форма кривой, приведенная на рис. 57, *в*.

Форма огибающих при этом сохраняется, а информацию, передаваемую левым и правым каналами, можно легко получить с помощью детекторов противоположной полярности. Структурная схема самого простого такого декодера приведена на рис. 58. Для улучшения детектирования целесообразно включить детектор по схеме сбалансированного полярного детектора. Принцип работы такого декодера, однако, всегда можно объяснить и как использование временного разделения, поэтому здесь нельзя собственно говорить о самостоятельном принципе.

Рис. 57. КСС с восстановленной поднесущей частотой.

а — КСС; *б* — поднесущая частота; *в* — суммирование КСС и поднесущей частоты.

Во всех приведенных видах декодирующих устройств встречался один общий элемент, а именно восстановитель поднесущей частоты, который может быть одинаково включен в любой стереодекодер.

В восстановителе поднесущей частоты с помощью пилот-тона 19 кГц образуется сигнал поднесущей частоты 38 кГц. Поднесущая частота может быть восстановлена четырьмя способами, а именно: удвоением частоты пилот-тона путем двухполупериодного выпрямления с последующим усилением; удвоением частоты пилот-тона в нелинейном усилителе; синхронизацией генератора 19 кГц и выделением второй гармоники сигнала; синхронизацией генератора 38 кГц.

Поднесущая частота обычно получается путем удвоения частоты пилот-тона с помощью двух диодов, включенных по двухполупериодной схеме выпрямления, так как этот способ является простым и надежным (рис. 59).

Принцип работы такой схемы удвоителя показан на рис. 60. По существу речь идет о двухполупериодном выпрямлении частоты пилот-тона (кривая *3*), но к выходу подключены не сглаживающие фильтры, а резонансный контур 38 кГц. Напряжение за диодами содержит уже основную частоту 38 кГц, но, кроме того, и большой процент четных гармоник, которые подавляются в выходном резонансном контуре.

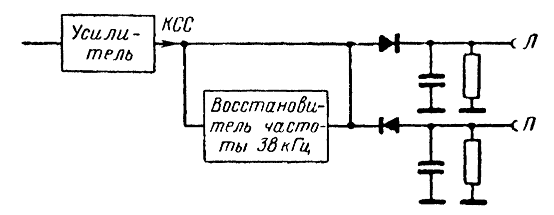


Рис. 58. Структурная схема декодера с полярным детектором.

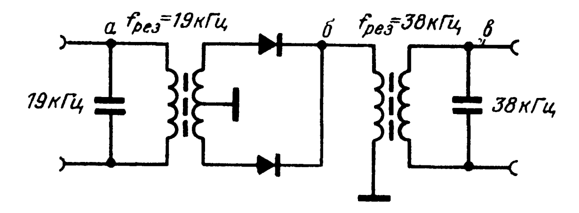


Рис. 59. Схема удвоителя пилот-тона на двух диодах.

Чтобы обеспечить соответствие фаз между созданной таким способом поднесущей частотой и исходной поднесущей частотой на передающем конце, во всех декодирующих устройствах используется перед удвоителем либо за ним фазирующее *RC*-звено. Обычно оно представляет собой входное сопротивление транзистора и разделительный конденсатор, который имеет явно меньшую емкость, чем та, которая была бы необходима для пропускания частоты 19 или

38 кГц (например, C_5 на рис. 93). Необходимость добавочного фазового сдвига определяется тем, что при удвоении с помощью диодов фаза поднесущей частоты, полученной из пилот-тона, сдвинута на 90° относительно исходной поднесущей частоты (рис. 60). Если фазирование пилот-тона происходит перед удвоением, то величина фазового сдвига для пилот-тона должна быть 45°. Сдвиг фазирую-

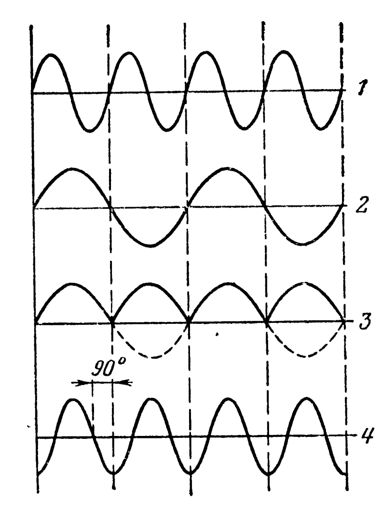


Рис. 60. Фазовые соотношения при восстановлении поднесущей частоты методом удвоения.

1 — поднесущая частота в передатчике; *2* — пилот-тон (в соответствии со стандартом FCC); *3* — сигнал за удвоителем: *4* — основная гармоника восстановленной поднесущей частоты за удвоителем.

щего звена не должен быть абсолютно точным, точно фаза настраивается с помощью переменных индуктивностей резонансных контуров вблизи резонансной частоты.

Относительно часто также используется удвоение частоты в нелинейном усилителе. Принципиальная схема этого варианта приве-

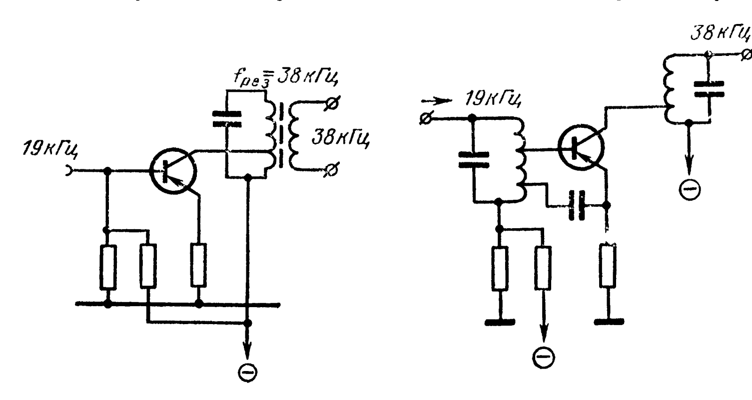


Рис. 61. Схема удвоителя с нелинейным усилителем.

Рис. 62. Синхронизированный генератор 19 кГц.

дена на рис. 61. Рабочая точка усилителя выбирается в нелинейной части характеристики так, чтобы выходной сигнал содержал большой процент гармоник. Резонансный контур 38 кГц на выходе усилителя выделяет из частотного спектра сигнал поднесущей частоты.

Получение поднесущей частоты путем синхронизации генератора в настоящее время используется редко, так как не обеспечивает

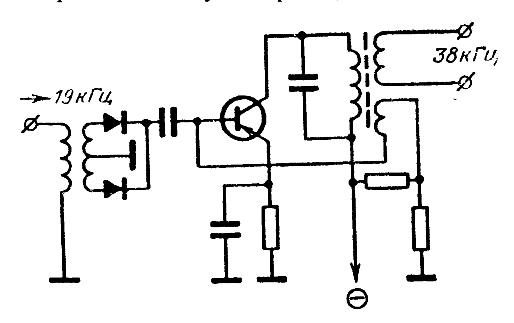


Рис. 63. Синхронизированный генератор **38 кГц.**

достаточной точности фазы восстановленной поднесущей. Схема восстановителя, работающего по этому принципу, приведена на рис. 62 и 63.

На рис. 62 изображен транзисторный генератор, работающий на частоте 19 кГц; он синхронизирован в цепи базы пилот-тоном. В коллекторной цепи с помощью резонансного контура выделяется вторая гармоника. На рис. 63 представлен генератор на транзисторах, который работает на частоте 38 кГц и синхронизирован в цепи базы удвоенной частотой пилот-тона. В обеих схемах собственная частота генератора должна быть настроена несколько ниже 19 или же 38 кГц.

К основным недостаткам такого способа получения поднесущей частоты можно отнести и то, что частота поднесущей в декодере присутствует независимо от того, принимается монофоническая или стереофоническая программа, и поэтому ее нельзя использовать для стереоиндикации.

СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЕ РАДИОПРИЕМНИКИ

1. ВВЕДЕНИЕ

Особенности стереофонического приема. Прием стереофонического радиовещания предъявляет некоторые особые требования к свойствам схемы стереофонического приемника, к антенне, ее расположению и т. д. Поэтому хороший стереофонический приемник должен иметь определенные характеристики. Важным вопросом является также обеспечение возможности приема стереофонических радиопрограмм на значительных расстояниях от передатчика. В то время как при приеме местных передатчиков не возникает никаких

осложнений, прием стереофонического радиовещания на значительном расстоянии от УКВ радиостанции затруднен по сравнению с монофоническим приемом и всегда требует хорошей направленной антенны. Ограничение возможности приема стереофонических программ на больших расстояниях вызвано прежде всего увеличением шумов, меньшей устойчивостью приемника к взаимным помехам от соседних передатчиков, отражениями и фазовым сдвигом электромагнитных волн.

Шум при стереофоническом приеме увеличивается, во-первых, из-за расширения диапазона передаваемых частот, а также из-за того, что для передачи информации в обоих каналах используется только 90% общей девиации частоты; оставшиеся 10% отведены для передачи поднесущей частоты. В соответствии с теорией информации количество передаваемой информации и величина шума пропорциональны. В то время как при монофоническом радиовещании диапазон модулирующих частот составляет 30 Гц — 15 кГц, при стереофоническом радиовещании этот диапазон составляет 30 Гц — 53 кГц. При этом известно, что шум увеличивается пропорционально передаваемому диапазону частот, т. е. на 20 дБ/дек. Принимаемая стереофоническим способом радиопрограмма будет, следовательно, содержать больше шумов, чем монофоническая, и поэтому для ее приема необходимо иметь большее высокочастотное напряжение в антенне. С помощью расчета можно показать [Л. 4], что при идеальном подавлении амплитудной модуляции в тракте промежуточной частоты увеличение шумов при стереофоническом приеме по сравнению с монофоническим составляет 21,8 дБ. При несовершенном подавлении амплитудной модуляции влияние шума увеличивается*.

Это, если учитывать только увеличение шума, означает, что при приеме стереофонической программы с тем же отношением сигнал/шум на выходе потребуется на входе приемника иметь напряжение приблизительно в 10 раз большее, чем при моноприеме, в то время как чувствительность, ограниченная шумом, у обычных приемников составляет 1—3 мкВ; для приема стереофонических программ с тем же отношением сигнал/шум эти приемники будут иметь чувствительность 10—30 мкВ.

Однако отражения и взаимные помехи от соседних передатчиков вместе с влиянием несовершенного ограничения (подавления АМ) при малых входных напряжениях еще более ухудшают чувствительность стереофонических радиоприемников.

Стереофонический радиоприемник во много раз более чувствителен к помехам, обусловленным приемом отраженных электромагнитных волн и их фазовым сдвигом, в то время как для монофонического приема отражения почти не создают помех. В связи с более высокой частотой модуляции в стереофонической передаче отражения, обусловленные препятствиями, находящимися на расстоянии 100 м и больше, уже вызывают помехи. При монофоническом приеме этот предел находится в области расстояний около 1000 м. Учитывая, что напряженность паразитных отраженных волн уменьшается примерно пропорционально квадрату расстояния от плоскости отражения, можно получить представление о более высокой опасности отраженных волн для стереофонического приема.

---

* При неполном подавлении АМ разница по шумам между стерео- и моноприемом уменьшается, хотя само напряжение шумов действительно увеличивается. (*Прим. ред.*)

Как известно, при частотной модуляции взаимные помехи, обусловленные соседними передатчиками, проявляются очень слабо, так как боковые полосы частот менее мощного передатчика всегда почти полностью подавлены более мощным передатчиком. Условием хорошего подавления сигнала соседнего передатчика и в данном случае является хорошее амплитудное ограничение. При стереофоническом приеме из-за расширения полосы пропускания контуров промежуточной частоты увеличивается и опасность помех, обусловленных соседними передатчиками, так как паразитные напряжения соседних передатчиков в этом случае подавляются меньше.

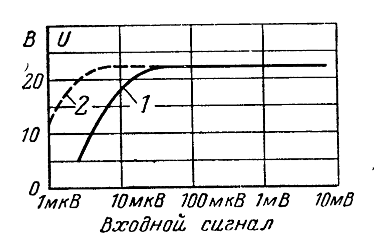


Рис. 64. Характеристика ограничителя УКВ приемника.

1 — для монофонического приемника; 2 — для высококачественного стереофонического приемника

Эксперименты показали, что для хорошего стереофонического приема без помех в настоящее время требуется для обычных стереофонических радиоприемников входное напряжение примерно 30 мкВ. Величина требуемого высокочастотного входного напряжения при этом в значительной мере зависит от качества ограничителя. Хороший стереофонический прием возможен только при входном напряжении такой величины, когда ограничитель работает в полную силу. На рис. 64 приведена характеристика ограничителя, которая представляет собой зависимость постоянного напряжения U на электролитическом конденсаторе дробного детектора от высокочастотного входного напряжения приемника. Для хорошего стереофонического приема нужно иметь входное напряжение, при котором напряжение на конденсаторе дробного детектора достигает величины $U_{макс}$.

Является ли напряжение в антенне достаточным для хорошего стереофонического приема, можно легко убедиться и без стереофонического декодирующего устройства двумя способами.

Первый способ предполагает, что известна величина $U_{макс}$ (рис. 64) дробного детектора приемника. Если эта величина не известна, то ее можно измерить при настройке приемника на местный передатчик. После настройки на проверяемый стереофонический передатчик измеряется напряжение на электролитическом конденсаторе дробного детектора. Если величина этого напряжения достигает $U_{макс}$ или приближается к нему, можно предполагать, что прием данного стереофонического передатчика будет иметь требуемое качество.

При втором способе перед монофоническим приемником к фидеру подключается звено с затуханием примерно 20—26 дБ и проверяется, насколько увеличивается шум. Если прием по-прежнему осуществляется без шума, то, вероятно, соблюдены условия для хорошего стереофонического приема.

Если результаты приведенных экспериментов отрицательные, то необходимо применить более мощную антенну и повторить эксперименты.

Как уже было сказано, у стереофонического приемника с декодером отношение полезный сигнал/шум ухудшается по крайней

мере на 21,6 дБ. Это увеличение шумов сохраняется и тогда, когда стереофоническим приемником принимают монофоническую программу. Поэтому при приеме программ монофонических передатчиков отключают декодер, а стереофонический приемник переключают вручную или автоматически на монофонический режим. Параметры стереофонического приемника, переключенного на монофонический режим, при этом соответствуют обычному монофоническому УКВ приемнику. Если интенсивность сигнала удаленного стереофонического передатчика недостаточна для хорошего стереофонического приема, то приемник может быть использован для монофонического приема, причем отношение полезный сигнал/шум в 10 раз улучшается. Поэтому некоторые наиболее совершенные стереофонические декодеры имеют так называемую пороговую автоматику, которая автоматически переключает приемник со стереофонического режима на монофонический, как только входное напряжение стереофонического сигнала становится ниже определенного уровня.

Антенны. Прием монофонической передачи в диапазоне УКВ обычно возможен и без антенны или с помощью комнатной антенны. С учетом требования более высокого входного напряжения, а также того, что принимаемый сигнал должен содержать наименьший процент отражений, для хорошего приема стереофонических программ почти всегда необходима наружная антенна. При приеме более удаленных передатчиков требуется направленная антенна с повышенным коэффициентом усиления. Для уменьшения влияния отражений желательно применять для каждого стереофонического приемника самостоятельную точно направленную антенну, но это привело бы к чрезмерному повышению расходов на антенную и распределительную системы.

Для хорошего стереофонического приема необходимо выполнить следующие условия:

1. Расстояние приемника от передатчика должно быть небольшим.

2. Расположение антенны должно быть таково, чтобы был как можно более ограничен прием отраженных волн. Принятый сигнал должен содержать максимально 6% отраженной энергии.

3. Антенны должны иметь явно выраженную диаграмму направленности, т. е. хороший коэффициент обратного приема и узкий угол излучения в обеих плоскостях.

4. Согласование антенна — антенный фидер и антенный фидер — приемник должно быть совершенным, чтобы не создавались дополнительные отражения и фазовые искажения. В местах с большими помехами в качестве антенного фидера должен быть использован коаксиальный кабель.

Пограммы стереофонического радиовещания можно принимать с помощью антенн любого типа, рассчитанных на данный УКВ диапазон. Полный отказ от наружной антенны в данном случае является неблагоразумным, так как цена антенны составляет малую часть стоимости стереофонического радиоприемника, а хорошая наружная антенна почти всегда улучшает условия приема.

Наиболее подходящими видами антенн для радиоприема в УКВ диапазоне и, следовательно, для приема стереофонических программ являются полуволновая антенна-диполь (штыревая или петлевая), а также кольцевая антенна и крестообразная дипольная антенна; для приема на большие расстояния наиболее оправдывают себя многоэлементные антенны типа Уда-Яги.

Полуволновая антенна-диполь является основным типом антенны для УКВ диапазона. Она выполнена из трубки, длина которой должна быть равна половине длины принимаемой электромагнитной волны. Диполь имеет в середине разрыв, т. е. он по существу состоит из двух изолированных частей, а в месте разрыва с него снимается высокочастотное напряжение (рис. 65). В действительности механическая длина диполя должна быть несколько меньше, чем расчетная половина длины волны. Это обусловлено меньшей скоростью распространения электромагнитных волн в металлическом проводнике по сравнению с воздухом. Укорочение диполя определяется с помощью коэффициента, величина которого в зависимости от диаметра проводника и от принимаемой длины волны показана на рис. 66.

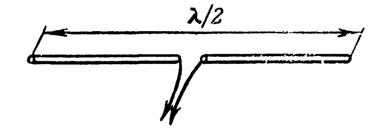


Рис. 65. Полуволновой диполь.

Правильная резонансная длина диполя получается путем умножения расчетной половины длины волны на коэффициент K. Если, например, хотят получить диполь для приема ЧМ сигнала в диапазоне МККР (88—104 МГц), средняя частота которого 95 МГц, и

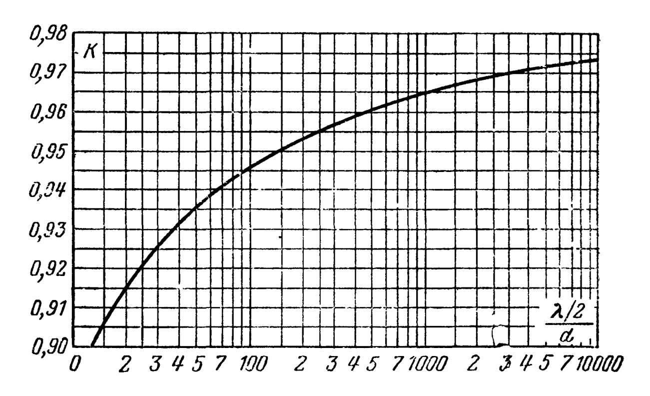


Рис. 66. График для определения коэффициента укорочения K.

если имеется трубка диаметром $d=20$ мм, то вначале определяется длина волны средней частоты по формуле

$$\lambda = 300/f = 300/95 = 3,16 \text{ м},$$

откуда $\lambda/2 = 1,58$ м.

Далее определяется отношение

$$\frac{\lambda/2}{d} = \frac{158}{2} = 79,$$

и по графику на рис. 66 определяется коэффициент укорочения $K = 0,942$.

Следовательно, правильная длина диполя будет:

$$l = \frac{\lambda}{2} K = 158 \cdot 0{,}942 = 149 \text{ см}.$$

С помощью диаграммы на рис. 66 можно легко пересчитать длину элементов антенны, у которой задан другой диаметр трубки, чем имеющийся в наличии. В таком случае достаточно заданную длину разделить на коэффициент K, полученный для заданного диа-

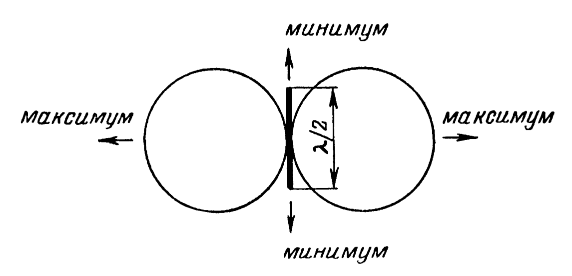


Рис. 67. Диаграмма направленности полуволнового штыревого диполя.

метра, и умножить на коэффициент K для диаметра трубки, из которой будут изготовлять антенну. Для ориентировочных расчетов можно считать коэффициент K примерно равным 0,94 и соответствующее уменьшение длины примерно 6%. Резонансная длина полуволновой антенны-диполя определяется при этом с достаточной точностью из соотношения

$$l = 141/f.$$

Пример. Необходимо рассчитать длину полуволнового штыревого диполя для приема ЧМ сигнала в диапазоне ОИРТ. Этот диапазон 65,8—73 МГц. Для средней частоты 69 МГц длина диполя равна:

$$l = 141/f = 141/69 = 2{,}04 \text{ м}.$$

Диаграмма направленности полуволнового штыревого диполя изображена на рис. 67. В плоскости, перпендикулярной к диполю, он имеет круговую диаграмму направленности.

Простой полуволновой диполь имеет входное сопротивление примерно 73 Ом, но эта величина меняется в зависимости от диаметра проводника и его расстояния от земли и от окружающих предметов. На практике обычно принимается значение 75 Ом. Если диполь настроен на определенную частоту, он способен эффективно принимать только узкую полосу частот. Это справедливо и для всех антенн, созданных на его базе. Ширина полосы частот, в которой диполь обеспечивает хороший прием, увеличивается с увеличением диаметра проводника и составляет около 10%.

На практике часто применяется петлевой диполь, изображенный на рис. 68. Петлевой диполь имеет входное сопротивление в 4 раза больше, чем полуволновый штыревой диполь, т. е. приблизительно 300 Ом. В середине сплошной трубки петлевой диполь

можно гальванически заземлить: это используется при креплении антенны к мачте. Петлевой диполь имеет несколько больший диапазон эффективно принимаемых частот, остальные свойства подобны полуволновому штыревому диполю.

Если верхняя и нижняя части петлевого диполя имеют разные диаметры проводников (рис. 69), то входное сопротивление меняется в зависимости от соотношения диаметров. Если верхний диаметр d_1 больше d_2, то входное сопротивление больше 300 Ом; если диаметр d_1 меньше d_2, то входное сопротивление меньше.

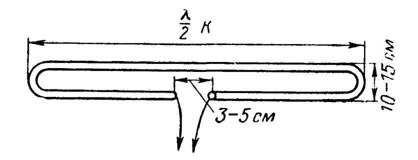


Рис. 68. Петлевой диполь.

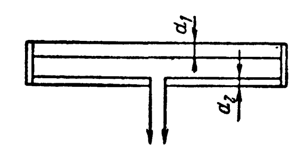


Рис. 69. Петлевой диполь с неодинаковым диаметром трубок.

Расстояние между концами трубок петлевого диполя, к которым присоединяется фидерная петля, может быть в пределах (1/50—1/100)λ.

Для приема программ нескольких передатчиков УКВ, расположенных в разных направлениях, наличие направленности полуволнового диполя невыгодно, так как диаграмма направленности антенны должна была бы быть почти круговой, т. е. коэффициент усиления желательно иметь во всех направлениях одинаковым. Этим требованиям удовлетворяют кольцевая и крестообразная антенны.

Кольцевая антенна (рис. 70) образуется свертыванием полуволнового диполя в круг. Ее диаграмма направленности является почти круговой. Потери по усилению в сравнении с полуволновым диполем в самом неблагоприятном направлении составляют примерно 3 дБ.

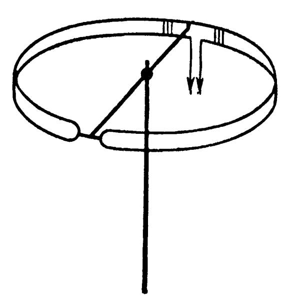


Рис. 70. Кольцевая антенна.

Крестообразная антенна образуется соединением двух штыревых (рис. 71, *а*) или петлевых (рис. 71, *б*) диполей, повернутых друг относительно друга на 90°. Соединяющая их часть должна быть длиной λ/4. Входное сопротивление такой антенны в 2 раза меньше, т. е. примерно 150, или же 35 Ом. Диаграмма направленности почти круговая и усиление примерно такое же, как у кольцевой антенны (в среднем примерно — 2 дБ по сравнению с полуволновым диполем). Крестообразная антенна применяется довольно часто в качестве антенны для приема сигналов ЧМ радиовещания.

Если нужно принимать удаленные стереофонические передатчики, то необходима более мощная антенна. Наиболее известной и

наиболее распространенной направленной антенной является антенна Уда-Яги. У этой антенны коэффициент усиления и коэффициент обратного приема улучшаются тем, что к диполю добавляются элементы в форме штырей. Они электрически не соединяются с диполем (излучателем), но связаны с ним индуктивно. Поэтому они являются пассивными элементами. В зависимости от длины и расположения различают два типа пассивных элементов. Директор короче излучателя и помещается перед ним в направлении к передатчику. Рефлектор имеет длину больше λ/2 и помещается за излучателем. Пассивные элементы улавливают часть высокочастотной

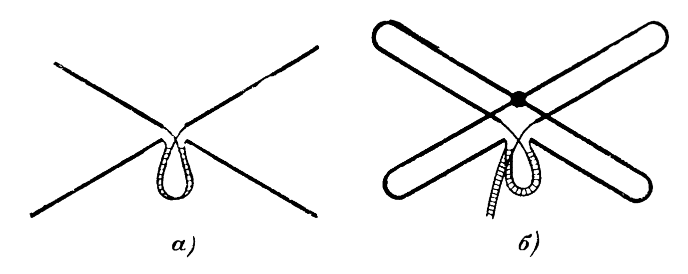


Рис. 71. Крестообразная антенна.

энергии, которую потом излучают, что влияет на диаграмму направленности и другие свойства антенны. Наличие пассивных элементов уменьшает входное сопротивление антенны, а коэффициент усиления и коэффициент обратного приема увеличиваются. Угол излучения антенны в обеих плоскостях уменьшается. Пассивные элементы можно в середине гальванически соединить с несущей системой.

Основными типами антенн с пассивными элементами, используемыми для приема программ радиовещания в диапазоне УКВ, являются двухэлементная и трехэлементная антенны Уда-Яги. Из-за большого взаимного влияния отдельных элементов антенны Уда-Яги

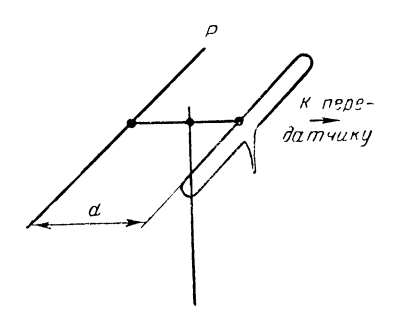


Рис 72. Двухэлементная антенна Уда-Яги (петлевой вибратор с рефлектором).

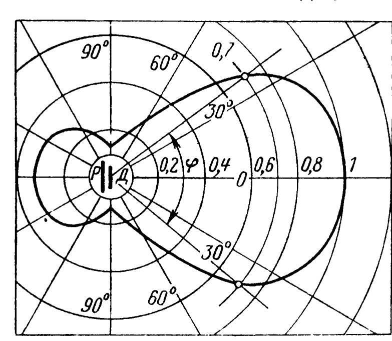


Рис. 73. Диаграмма направленности вибратора с рефлектором в горизонтальной плоскости.

трудно определить математическим путем ее размеры. Поэтому оптимальные расстояния между элементами и их размеры определяются экспериментально. Длина директоров при этом всегда уменьшается с увеличением расстояния от активного вибратора. У антенны с большим количеством элементов коэффициент усиления с увеличением их числа растет медленнее.

Двухэлементная антенна Уда-Яги может быть выполнена как рефлектор — активный вибратор или как директор — активный вибратор. На практике преимущественно используется первый тип. Конструкция двухэлементной антенны Уда-Яги понятна из рис. 72.

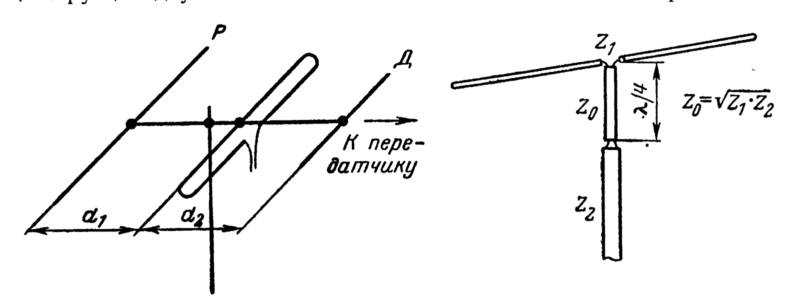


Рис. 74. Трехэлементная антенна Уда-Яги.

Рис 75. Согласование с помощью четвертьволнового трансформатора.

По сравнению с полуволновым вибратором она имеет коэффициент усиления 3 дБ, коэффициент обратного приема 8 дБ. Антенна имеет большую направленность. Соответствующая диаграмма приведена на рис. 73.

Размеры антенны для середины диапазона УКВ в соответствии с [Л. 5] следующие. Для диапазона ОИРТ: $l_{рефл}=230$ см, $l_{вибр}=186$ см, $d=120$ см. Для диапазона МККР: $l_{рефл}=165$ см, $l_{вибр}=135$ см, $d=85$ см. Элементы изготовлены из трубки диаметром 15 мм. Входное сопротивление антенны составляет примерно 240 Ом, и поэтому ее можно присоединять без трансформатора к симметричному двухпроводному фидеру.

Трехэлементная антенна Уда-Яги состоит из рефлектора, активного вибратора и директора (рис. 74). Она имеет коэффициент усиления около 5 дБ, коэффициент обратного приема 14 дБ.

Размеры для середины диапазона УКВ в соответствии с [Л. 5] составляют для диапазона ОИРТ: $l_{рефл}=237$ см, $l_{вибр}=202$ см, $l_{дир}=174$ см, $d_1=63$ см, $d_2=43$ см; для диапазона МККР: $l_{рефл}=172$ см, $l_{вибр}=146$ см, $l_{дир}=126$ см, $d_1=46$ см, $d_2=32$ см. Элементы изготовлены из трубки диаметром 15 мм. Входное сопротивление составляет примерно 80 Ом.

Для присоединения этой антенны к симметричному двухпроводному фидеру необходимо использовать согласующее устройство, например кусок кабеля длиной $\lambda/4$ с сопротивлением

$$Z_0 = \sqrt{Z_1 Z_2},$$

где Z_1 — входное сопротивление антенны; Z_2 — характеристическое полное сопротивление фидера.

Согласующее устройство помещается между антенной и фидером в соответствии с рис. 75.

В данном случае, если использовать в качестве фидера симметричную двухпроводную линию 300 Ом, получаем $Z_0 = \sqrt{80 \cdot 300} = 155$ Ом. Такое сопротивление можно легко получить с помощью двух отрезков кабеля с сопротивлением 300 Ом длиной $\lambda/4$, соединенных параллельно.

Относительная ширина диапазона составляет у описанных антенн примерно 0,14; следовательно, при 95 МГц ширина полосы

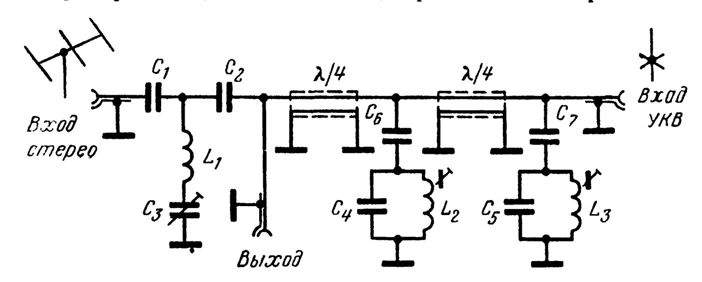


Рис. 76. Стереофоническая система фильтров USW100

принимаемых частот составляет примерно 13 МГц, т. е. антенны охватывают почти всегда весь диапазон МККР или ОИРТ.

В качестве фидеров для антенн УКВ наиболее часто используется симметричный двухпроводный кабель, в местах интенсивных помех и у общих антенн — коаксиальный кабель.

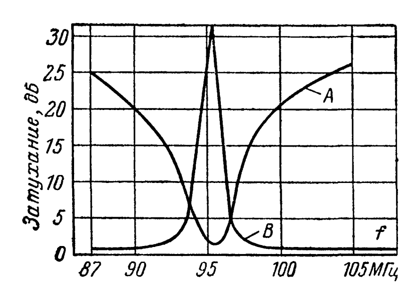


Рис. 77. Характеристика затухания системы фильтров USW100

Там, где можно принимать одновременно несколько сравнительно мощных монофонических УКВ передатчиков и один удаленный стереофонический передатчик, обычно применяется антенна с круговой диаграммой для приема передатчиков, расположенных в разных местах, а для приема более удаленного передатчика — антенна Уда-Яги. Если хотят подключить обе антенны к одному фидеру, что необходимо прежде всего у общих антенн, то нужно использовать антенный усилитель или систему фильтров. Представителем такой, так называемой стереофонической системы фильтров является система USW100 (fuba). Схема системы приведена на рис. 76, а ее характеристика затухания — на рис. 77.

Запись стереофонических программ на магнитофон. При записи стереофонических радиовещательных программ на магнитную ленту может появиться в записи мешающий свист. Этот свист обусловлен интерференцией гармонических сигналов пилот-тона и поднесущей частоты с частотой генератора подмагничивания. Частоты возникающих интерференционных свистов можно при известной частоте подмагничивания определить из уравнения

$$f_{св} = f_{под} \pm nf,$$

где $f_{под}$ — частота подмагничивания; f — частота пилот-тона.

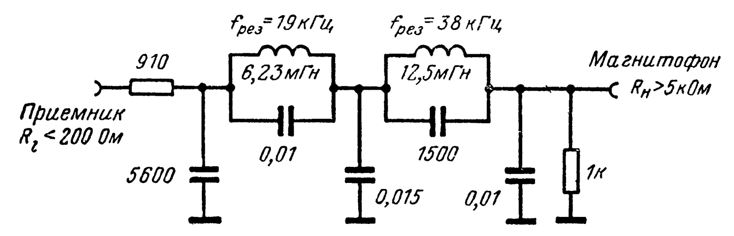


Рис. 78. Фильтр нижних частот 50 Гц — 15 кГц.

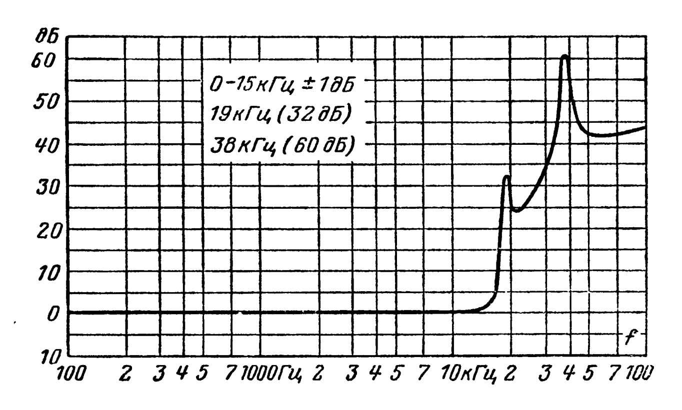


Рис. 79. Характеристика затухания НЧ фильтра (рис. 78).

Для предотвращения возникновения этих свистов между выходом стереодекодера и усилителем низкой частоты магнитофона устанавливают фильтры нижних частот (один для каждого канала) 50 Гц — 15 кГц, хорошо подавляющие частоты 19 и 38 кГц.

Иногда такие фильтры являются частью декодера. Схема фильтра нижних частот для одного канала приведена на рис. 78. Характеристика затухания такого фильтра дана на рис. 79. Фильтр имеет характеристическое сопротивление Z_0=750 Ом, внутреннее сопротивление источника и нагрузочное сопротивление должны быть $R_i = R_н = 1{,}2\,Z_0$.

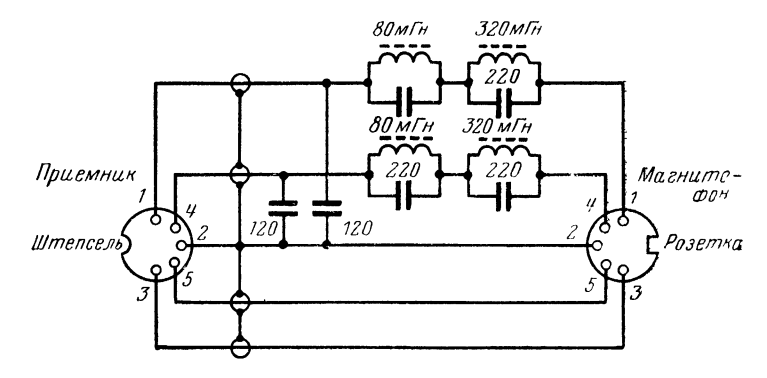


Рис. 80. Схема фильтров, используемых при записи стереофонических программ на магнитофон.

На рис. 80 приведена полная схема подобного фильтра, включенного в линию связи приемник — магнитофон. Резонансные контуры фильтра настроены на 19 и 38 кГц. Фильтр пропускает частоты 50 Гц — 15 кГц с неравномерностью ∓1 дБ, его затухание на частоте 19 кГц составляет 30 дБ, а на частоте 38 кГц — 35 дБ.

2. ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ТРАКТ СТЕРЕОФОНИЧЕСКИХ ПРИЕМНИКОВ

Программы стереофонического радиовещания передаются в диапазоне УКВ с частотной модуляцией. Стереофоническая система FCC, как уже было сказано, совместима с монофоническим радиовещанием. Поэтому для приема стереофонического радиовещания могут использоваться те же самые входные цепи и схемы промежуточной частоты, как для монофонических радиоприемников. По существу каждый стереофонический приемник является супергетеродином с простым смесителем и промежуточной частотой 10,7 МГц.

Если учитывать увеличение количества информации в передаваемом сигнале (вызванное расширением полосы до 50 Гц — 50 кГц), к схемам стереофонического приемника предъявляются более жесткие требования. Параметры высокочастотного тракта стереофонических радиоприемников обычно выше, чем монофонических. Поэтому хороший стереофонический приемник обеспечивает также гораздо лучший прием монофонических передач, чем обычный приемник.

Повышение требований наиболее значительно для тракта промежуточной частоты, схемы тракта принимаемой частоты могут оставаться теми же самыми.

Схемы тракта принимаемой частоты. Для приема стереофонического радиовещания пригодны блоки УКВ обычных ЧМ приемников без каких-либо изменений. Из этого следует, что при приспособлении монофонических приемников для стереофонического приема нет необходимости уделять внимание блоку УКВ.

Однако увеличение шумов при стереофоническом приеме более чем на 20 дБ требует, чтобы собственные шумы блока УКВ были по возможности наименьшими. Поэтому в стереофонических приемниках в большинстве случаев используются схемы блоков УКВ, обеспечивающие наименьший уровень шумов. Обычно используется блок УКВ на транзисторах, содержащий 3—4 высокочастотных транзистора; такой блок имеет коэффициент шума 2—4.

В настоящее время в блоках УКВ начинают использовать полевые транзисторы.

Качество стереофонического приема в значительной степени зависит также от точной настройки приемника на частоту передатчика. Как только настройка нарушается, передача отдельных составляющих КСС становится менее равномерной, что в стереофонии вызывает ухудшение переходного затухания между каналами. Поэтому блоки УКВ стереофонических приемников почти всегда снабжены автоматической подстройкой частоты (АПЧ).

Автоматическая подстройка частоты устраняет неточности при настройке на передатчик, а также временную нестабильность частоты гетеродина, вызванную изменением напряжения и температуры. Принцип работы АПЧ заключается в том, что к резонансному контуру гетеродина подключается варикап, на который подается постоянное управляющее напряжение от дробного детектора приемника. Как только появляется расстройка под влиянием нестабильности частоты гетеродина, промежуточная частота отклоняется от номинального значения 10,7 МГц. Изменение промежуточной частоты влечет за собой возникновение на выходе дробного детектора (в случае симметричного включения) постоянного напряжения, полярность которого зависит от направления отклонения (увеличение или уменьшение частоты), а величина — от величины отклонения частоты (в пределах S-кривой дробного детектора). Полученное таким образом управляющее напряжение подается на варикап гетеродина и создает изменение его емкости, а тем самым сдвиг частоты гетеродина в направлении ее правильного значения. Схемы АПЧ показаны на рис. 81 и 82.

Схема блока УКВ на лампах, который может быть использован в стереофоническом приемнике, показана на рис. 81. Первая половина лампы ECC85 работает как усилитель высокой частоты (УВЧ) с заземленной промежуточной точкой, вторая половина — как преобразователь частоты. Сигнал с антенны подается на УВЧ через широкополосный входной резонансный контур, настроенный на середину принимаемой полосы частот. Заземленная точка входного триода по высокой частоте создана с помощью емкостного делителя C_3, C_6. На резисторе R_1 создается рабочее смещение на сетку лампы, а цепь для постоянного тока катода образуется входным резонансным контуром и дросселем $Др_1$. Нейтрализация входного усилителя осуществляется с помощью моста, образованного конденсаторами C_5, C_6, C_3 и емкостью $C_{а.с}$ входного триода, который может быть настроен изменением емкости конденсатора C_6. в анодной цепи УВЧ имеется резонансный контур L_5, C_7, C_8, который может быть перестроен в пределах диапазона УКВ с помощью двухсекционного конденсатора переменной емкости. С помощью второй секции этого конденсатора одновременно перестраивается частота гетеродина. Резонансный контур гетеродина подключен к аноду второй половины лампы через разделительный конденсатор C_{14}. С анода второго триода снимается сигнал промежуточной час-

тоты через полосовой фильтр L_7, L_8, настроенный на частоту 10,7 МГц. К резонансному контуру гетеродина параллельно подключен через разделительные конденсаторы C_9, C_{10} варикап $Д_1$, предназначенный для АПЧ. Управляющее напряжение подается на варикап с дробного детектора через фильтр с элементами $Др_2$ и C_{20}. Рабочая точка варикапа выбирается в наиболее крутой час-

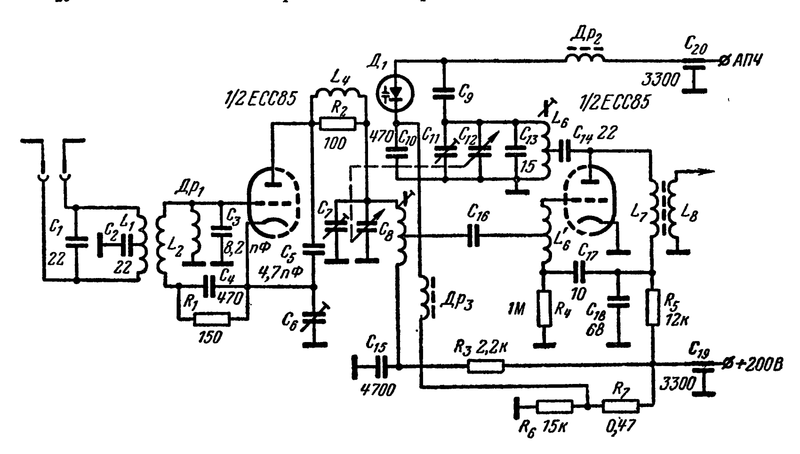


Рис. 81. Схема УКВ блока на электронных лампах с АПЧ гетеродина.

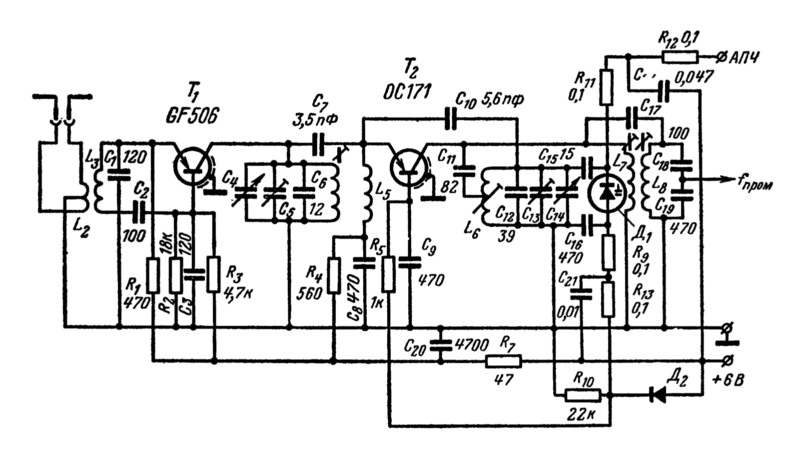


Рис. 82. Простой транзисторный УКВ блок без резонансного контура на входе и с АПЧ.

ти его характеристики с помощью напряжения смещения, создающегося на делителе R_6, R_7. Чувствительность приемника с таким блоком УКВ составляет при монофоническом приеме и при отношении сигнал/шум 26 дБ примерно 3 мкВ; диапазон, в пределах

которого работает АПЧ, составляет примерно ∓200 кГц (он зависит также от свойств дробного детектора).

На рис. 82 приведена схема простого блока УКВ на транзисторах. Оба транзистора работают по схеме с общей базой. То обстоятельство, что эта схема имеет несколько меньший коэффициент усиления и малое входное сопротивление, не является большим недостатком в диапазоне УКВ. Зато схема включения с общей базой создает возможность равномерного усиления высокочастотных сигналов почти до граничной частоты транзистора, а также отличается неглубокой внутренней обратной связью. Транзистор T_1 работает как УВЧ. Высокочастотное напряжение с антенны подается на эмиттер этого транзистора через контур L_2, L_3, настроенный на середину принимаемой полосы частот. Этот контур имеет широкую полосу пропускания, так как он сильно демпфирован антенной и входным сопротивлением транзистора T_1. Транзистор T_1 стабилизирован делителем R_2, R_3 в цепи базы и резистором R_1 в эмиттерной цепи. Конденсатор C_3 заземляет базу по высокой частоте. В коллекторной цепи транзистора T_1 имеется резонансный контур, образованный первой секцией конденсатора C_4, полупеременным конденсатором C_5, катушкой индуктивности L_4 и конденсатором C_6. С помощью второй секции переменного конденсатора перестраивается частота гетеродина. Второй транзистор T_2 работает в качестве преобразователя. Его коллектор присоединен через конденсатор C_{11} к отводу катушки резонансного контура гетеродина. В гетеродине используется емкостная обратная связь, образованная конденсатором C_{10}. Напряжение, усиленное УВЧ, подается через конденсатор C_7 на широкополосный резонансный контур, состоящий из индуктивности L_5 и входной емкости транзистора T_2. Индуктивность L_5 вместе с емкостью C_8 образует заграждающий фильтр промежуточной частоты 10,7 МГц и создает фазовую коррекцию напряжения обратной связи гетеродина. В коллекторную цепь транзистора T_2 с помощью емкостной связи включен фильтр промежуточной частоты L_7, L_8. Сигнал промежуточной частоты снимается с емкостного делителя напряжения C_{18}, C_{19}.

Рабочая точка второго транзистора стабилизируется с помощью миниатюрного стабилизатора напряжения $Д_2$, что позволяет сохранить хорошие параметры блока УКВ при значительном понижении питающего напряжения.

Автоматическая подстройка частоты гетеродина осуществляется с помощью варикапа $Д_1$, подключенного к резонансному контуру через разделительные конденсаторы C_{15}, C_{16}. Рабочая точка этого варикапа настроена с помощью напряжения, снимаемого с делителя напряжения R_{10}, $Д_2$. Управляющее напряжение подводится с дробного детектора к варикапу через фильтр R_{11}, C_{22}, R_{12}. Чувствительность приемника УКВ с описанным входным блоком достигает 8 мкВ при отношении сигнал/шум 26 дБ. Диапазон автоматической подстройки частоты составляет примерно ∓150 кГц. Недостатком этого блока УКВ является, кроме меньшей чувствительности, прежде всего плохая защита от сильных местных передатчиков, являющаяся результатом появления комбинационных искажений в смесителе из-за малой избирательной способности входного усилителя. На рис. 83 представлен внешний вид транзисторного блока УКВ.

Схема высококачественного транзисторного блока УКВ приведена на рис. 84. Блок содержит три транзистора, из которых T_1 работает как УВЧ, T_2 как смеситель и T_3 как гетеродин. Отдельный

гетеродин введен по той причине, что у схем, у которых преобразователь частоты выполнен на одном транзисторе, часто происходит расстройка гетеродина при перевозбуждении сильным сигналом местных передатчиков. Поэтому высококачественные блоки аппаратуры Hi — Fi содержат, как правило, 3—4 транзистора и всегда

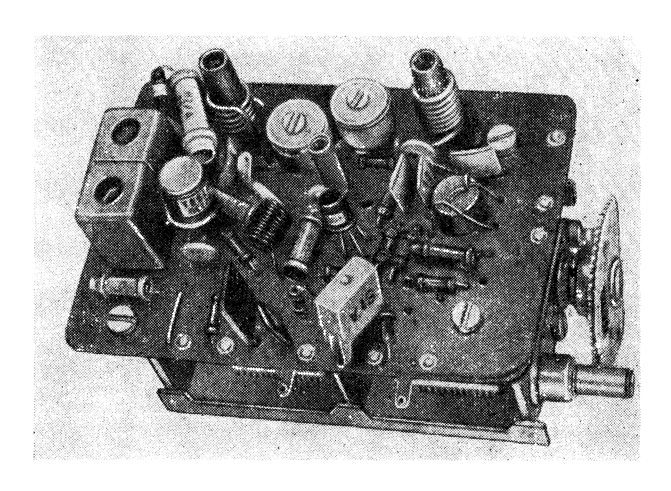


Рис. 83. Внешний вид транзисторного УКВ блока, схема которого изображена на рис. 82.

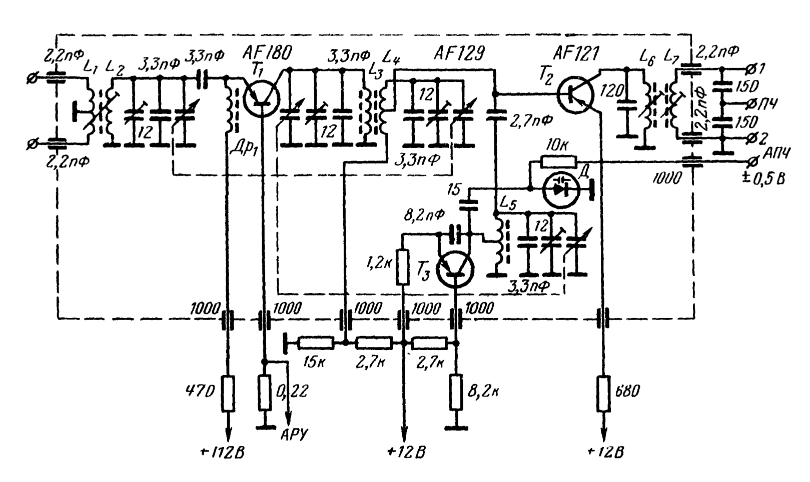


Рис. 84. Схема транзисторного УКВ блока с отдельным гетеродином, с настройкой входного контрура и полосовым фильтром между УВЧ и смесителем (Görler 312—2404).

имеют отдельный смеситель и гетеродин. Они настраиваются четырехсекционным переменным конденсатором, причем настройку имеют входной контур, полосовой фильтр между УВЧ и смесителем и резонансный контур гетеродина. Использование настройки входного контура улучшает чувствительность и избирательность блока УКВ. Самостоятельный смеситель почти полностью исключает появление ложных настроек от мощных местных передатчиков, вызванное побочными частотами, образующимися в смесителе.

Входной контур имеет симметричный вход 300 Ом; к одному из его входных зажимов и к заземлению можно подключить коаксиальный кабель 75 Ом. Усилитель высокой частоты и гетеродин работают по схеме с общей базой, смеситель по схеме с общим эмиттером. Выход сигнала промежуточной частоты 10,7 МГц с коллекторной цепи смесительного транзистора рассчитан так, чтобы блок УКВ можно было использовать как в аппаратуре на лампах (выход *1* с большим выходным сопротивлением), так и в транзисторной аппаратуре (выход *2* с малым выходным сопротивлением).

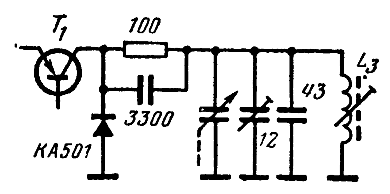


Рис. 85. Подключение ограничительного диода к УКВ блоку по схеме на рис. 84 для защиты от перегрузок очень сильным сигналом.

Гетеродин на транзисторе T_3 имеет схему АПЧ, образованную варикапом *Д*, подключенным через разделительный конденсатор к катушке индуктивности L_5. Диапазон действия АПЧ составляет примерно ∓200 кГц, коэффициент шума в зависимости от входного транзистора 2—3,5. Таким блоком УКВ можно достичь входной чувствительности примерно 1 мкВ при отношении сигнал/шум 26 дБ. Нестабильность частоты гетеродина (без АПЧ) меньше 50 кГц при изменении температуры от 20 до 65 °С и меньше 35 кГц при изменении напряжения питания от 12 до 8 В. Если приемник работает вблизи мощных местных передатчиков, рекомендуется включить ограничительный диод в коллекторную цепь T_1, например, как показано на рис. 85.

Рекомендации по конструкции и изготовлению блока УКВ можно найти в [Л. 6].

Тракт промежуточной частоты. К качеству тракта промежуточной частоты стереофонических радиоприемников предъявляются особенно высокие требования. Поэтому чаще всего из-за неудовлетворительных параметров усилителя промежуточной частоты (УПЧ) нельзя переделать старую модель монофонического приемника на стереофонический приемник путем простого добавления декодера. Усилитель промежуточной частоты стереофонического приемника должен удовлетворять множеству требований. Прежде всего он должен иметь: 1) достаточную полосу пропускания; 2) хорошую стабильность резонансной кривой; 3) практически полное амплитудное ограничение; 4) степень связи резонансных контуров меньше критической; 5) высококачественный дробный детектор.

1. Ширина полосы пропускания УПЧ для приема стереофонического радиовещания должна быть больше, чем у монофонических приемников. Это вызвано более высокой максимальной часто-

той модуляции $f_м=53$ кГц при стереофонической передаче.

Точки зрения на необходимую величину полосы пропускания различны. В литературе встречаются требования к ширине пропускания в пределах 150—350 кГц и разные эмпирические формулы для ее определения.

Для точного анализа этого вопроса необходимо исходить из специфики частотной модуляции. Известно, что при частотной модуляции возникает, кроме основной несущей частоты $f_н$, бесконечное множество боковых частот. Эти боковые частоты можно выразить с помощью уравнения

$$f_б = f_н \pm k f_м,$$

где $f_н$ — несущая частота; $f_м$ — частота модуляции.

Амплитуды отдельных составляющих модулированного сигнала для данных индекса и частоты модуляции определяются значениями соответствующих бесселевых функций. К счастью, эти значения быстро уменьшаются и для высоких значений k так малы, что ими можно пренебречь.

После проведения такого анализа необходимо решить, какие значения амплитуд боковых составляющих желательно еще передавать.

Для стереофонической передачи системы FCC в соответствии с МККР при пренебрежении боковыми составляющими с амплитудой меньше 10% необходимая полоса пропускания равна $П=240$ кГц (192 кГц для монофонической системы); с учетом боковых составляющих с амплитудой до 3% от амплитуды немодулированной несущей частоты $П=312$ кГц (220 кГц для монофонической системы). Если предположить, что в действительности передатчик бывает модулирован в среднем только на 50% от максимально допустимой девиации частоты, получают следующие значения: при пренебрежении боковыми составляющими с амплитудой меньше 10% $П=160$ кГц (112 кГц для монофонической системы), а при учете боковых слагаемых до 3% $П=226$ кГц (150 кГц для монофонической системы)*.

К интересным результатам можно прийти при исследовании связи между шириной полосы пропускания тракта промежуточной частоты и переходным затуханием между стереофоническими каналами:

$$П \approx \sqrt[3]{D \cdot 0{,}93^2 \cdot 24 f_н^2 f_м},$$

где $П$ — ширина полосы; D — переходное затухание между каналами; $f_н$ — поднесущая частота; $f_м$ — частота модуляции низкочастотных сигналов.

Графическое изображение этого соотношения для $f_м=10$ кГц показано на рис. 86. Для хорошего стереофонического приема с переходным затуханием 30 дБ можно из рис. 86 определить необходимую полосу пропускания $П=200$ кГц. Если принять, что декодер, включенный за УПЧ, будет иметь переходное затухание также 30 дБ, то получим общее переходное затухание, равное 24 дБ. Общее переходное затухание можно, однако, улучшить с помощью

* Для советской системы стереофонического вещания полосы пропускания могут быть более узкими (см. приложение). (*Прим. ред.*)

частотно-зависимых цепей коррекции перед декодером и в нем примерно на 6 дБ, т. е. получить ранее предполагаемое значение.

Суммируя все сказанное по этому вопросу, необходимо учесть, что ширина полосы пропускания в общем всегда является компромиссом между требованиями качества приема и избирательностью приемника. (Известно, что расстояние по частоте двух каналов в диапазоне УКВ составляет 300 кГц*, и если мы хотим исключить взаимные помехи, кривая избирательности должна быть уже этого значения.) При увеличении полосы пропускания увеличиваются помехи, а значит, и количество необходимых каскадов УПЧ. Учитывая все приведенные обстоятельства, можно рекомендовать в качестве наиболее приемлемой полосы пропускания УПЧ для стереофонического приемника 180—230 кГц. Во всех рассуждениях учитывалась ширина полосы на уровне 3 дБ**.

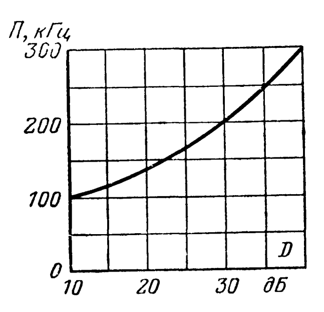


Рис. 86. Зависимость переходного затухания между каналами от ширины полосы пропускания тракта.

2. Стабильность резонансной характеристики при изменениях динамических емкостей электронных ламп или транзисторов должна быть достаточной для того, чтобы не происходило ее смещения или изменения формы. Изменения емкости активных элементов в усилителе происходят прежде всего при больших входных сигналах, при отсутствии или недостаточной эффективности АРУ. Уменьшение влияния этих изменений на форму резонансной характеристики достигается использованием больших емкостей в резонансных контурах промежуточной частоты (100—200 пФ по сравнению с 10—33 пФ у монофонических систем), а в усилителе на лампах — введением отрицательной обратной связи путем исключения конденсатора, шунтирующего сопротивление автоматического смещения в катодной цепи. У лампы EAF801, например, изменение динамической емкости при незашунтированном сопротивлении 120 Ом уменьшается с 2 до 0,2 пФ, т. е. в 10 раз. Повышение стабильности с помощью незашунтированного катодного сопротивления невозможно, однако у каскадов промежуточной частоты, в которых используется лампа EBF89 (у этой лампы экран соединен с катодом), в данном случае на экране появился бы высокочастотный потенциал. Это могло бы привести к появлению нежелательных обратных связей.

3. Полное ограничение амплитуды устраняет нежелательные искажения передаваемого стереофонического сигнала, вызванные па-

---

* В Советском Союзе в связи с широким развитием УКВ радиовещания расстояние между соседними каналами может быть меньшим.

** В Советском Союзе рекомендованная полоса пропускания при стереоприеме составляет 140—190 кГц на уровне 6 дБ, т. е. значительно уже. (*Прим. ред.*)

разитной амплитудной модуляцией, которая частично возникает уже в передатчике, но в основном обусловлена внешними помехами, сигналами соседних передатчиков и отражениями принимаемого сигнала. Ограничитель должен устранять эту паразитную амплитудную модуляцию и создавать на выходе сигнал постоянной амплитуды. Поэтому в стереофонических УПЧ перед дробным детектором используют, как правило, две ступени ограничения. В усилителях на лампах ограничение осуществляется обычным способом — сеточными RC-фильтрами и уменьшением напряжения на второй сетке.

У транзисторных усилителей ограничение осуществляется с помощью добавочных кремниевых диодов, а также использованием более низких рабочих напряжений транзисторов в каскадах ограничения. Чтобы исключить искажения, необходимо с учетом более высокой максимальной частоты модуляции 53 кГц уменьшить постоянную времени RC-цепи в ограничителе до 3—5 мкс В стереофонических приемниках используется чаще всего дробный детектор, создающий дополнительное подавление амплитудной модуляции.

4. Степень связи резонансных контуров УПЧ может быть критической, однако лучше иметь ее несколько меньшей. Это вытекает из того, что для отсутствия искажений в УПЧ необходимо иметь изменение группового времени задерживания в полосе пропускания не более 2 мкс. Наилучшая характеристика группового времени задерживания достигается при коэффициенте связи, равном 0,7—1. При степени связи выше критической групповая задержка резко меняется вблизи резонансной частоты.

5. Дробный детектор должен преобразовать весь спектр модуляции стереофонического сигнала с минимальными линейными и нелинейными искажениями. Для этого необходимо расширить линейную часть характеристики детектора (S-кривой) хотя бы до $\mp$(150—200) кГц. Расстояние между горбами характеристики детектора стереофонических приемников бывает 500 кГц — 1 МГц. Необходимо добиться того, чтобы детектор равномерно пропускал все частоты от 50 Гц до 53 кГц. При этом на выходе детектора имеет место ослабление верхних частот, так как внутреннее сопротивление дробного детектора с выходной емкостью (см. рис. 87) образует фильтр нижних частот. Необходимо стремиться к тому, чтобы этот фильтр имел на частоте 53 кГц затухание меньше 3 дБ. Из этого следует, что его постоянная времени должна быть меньше 3 мкс. Если учитывать, что внутреннее сопротивление дробных детекторов на полупроводниковых диодах составляет $R_i = 5$ кОм, выходная емкость (включая емкость проводов и входную емкость декодера) должна быть не более 600 пФ. На практике чаще всего используется конденсатор с емкостью 220—470 пФ.

В заключение еще раз подытожим требования, которым должен удовлетворять хороший УПЧ стереофонического приемника.

При расчете и конструировании новых УПЧ и при приспособлении старых монофонических приемников для стереофонического приема необходимо придерживаться следующих принципов

а) ширина полосы всего УПЧ должна быть примерно 200 кГц (на уровне 3 дБ);

б) для обеспечения стабильности резонансной характеристики необходимо использовать в резонансных контурах промежуточной частоты сравнительно большие емкости (100—220 пФ);

в) в УПЧ на лампах стабильность улучшается применением в цепи катода нешунтированного сопротивления (примерно 120 Ом);

г) нужно применять хотя бы двухкаскадный амплитудный ограничитель;

д) постоянная времени ограничителя должна быть меньше 3 мкс;

е) степень связи резонансных контуров должна быть меньше критической (0,7—1);

ж) расстояние между горбами характеристики дробного детектора должно быть минимально 500 кГц;

з) выходная емкость дробного детектора должна быть не более 470 пФ.

На рис. 87 приведена схема УПЧ на лампах для стереофонического АМ/ЧМ приемника. Схему приема амплитудно-модулированного сигнала рассматривать не будем. Для приема частотно-модулированных сигналов предназначен трехкаскадный усилитель: два последних каскада работают как ограничитель амплитуды с сеточным *RC*-фильтром ($\tau=2{,}6$ мкс). В двух последних каскадах, выполненных на лампах EF89, в катодную цепь включен незашунтированный резистор для увеличения стабильности резонансной характеристики. Поэтому в резонансных контурах промежуточной частоты можно было использовать меньшие емкости. В двух последних каскадах действие ограничения увеличивается подачей смещения или же постоянного напряжения от дробного детектора также на экранирующую сетку предыдущей лампы. Степень связи контуров промежуточной частоты имеет значение 0,7; общая ширина полосы пропускания составляет 180 кГц, избирательность при расстройке на 300 кГц 48 дБ. Снижение выходного напряжения дробного детектора на частоте 53 кГц составляет 2 дБ, начало ограничения — от входного напряжения 15 мкВ.

Схема УПЧ на транзисторах для стереофонического приемника приведена на рис. 88. Это четырехкаскадный усилитель, построенный по стандартной, часто используемой схеме Усиление первого каскада охвачено АРУ. Управляющее напряжение снимается за третьим каскадом с помощью диода $Д_1$ и подается через фильтр *RC* на базу транзистора T_1. Последний каскад на транзисторе T_4 работает в качестве ограничителя амплитуды. Выполнение этой функции достигается соответствующим режимом этого каскада по постоянному току. Дробный детектор является симметричным, и, кроме низкочастотного сигнала, с него также снимается постоянное управляющее напряжение для автоматической подстройки частоты генератора блока УКВ (АПЧ). Степень связи резонансных контуров меньше критической и имеет значение 0,9; для обеспечения стабильности резонансной характеристики использованы большие контурные емкости. Параметры описанного транзисторного усилителя следующие· ширина полосы пропускания $П=200$ кГц, начало ограничения (1 дБ ниже максимального значения характеристики ограничения) при входном напряжении 3—5 мкВ, расстояние между горбами характеристики дробного детектора 500 кГц, уменьшение амплитуды низкочастотного сигнала дробного детектора на частоте 53 кГц составляет 1,5 дБ.

К зажимам *5*, *6* этого транзисторного усилителя можно подключить управляющий усилитель для подавления шумов и помех при настройке («бесшумная настройка») или для автоматического переключения моно-стерео при определенном минимальном уровне вход-

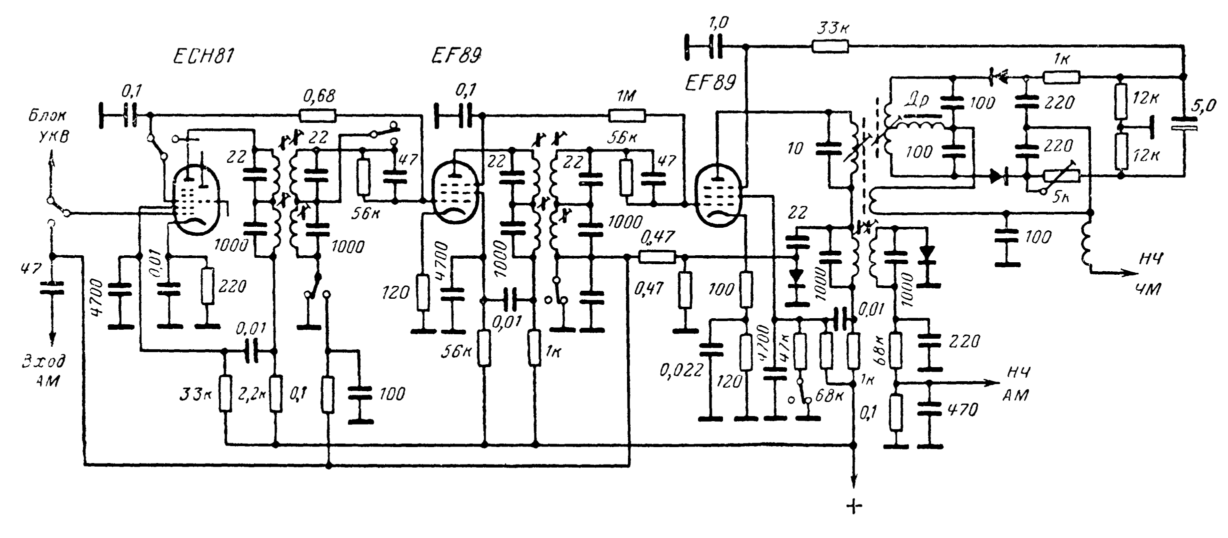


Рис. 87. Усилитель промежуточной частоты лампового стереофонического приемника (АМ/ЧМ). [Вместо лампы EF89 можно использовать лампы EAF801 или EF80.]

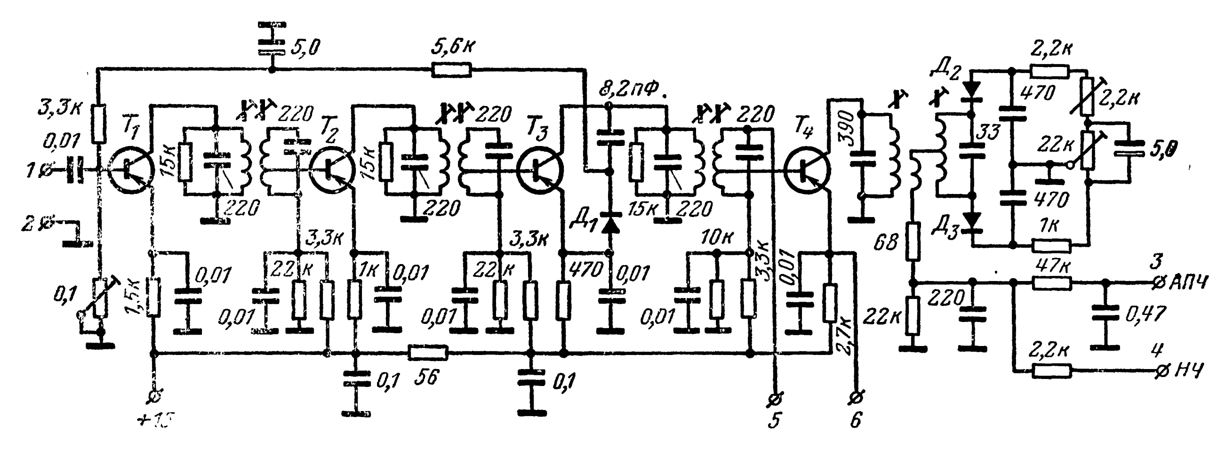


Рис 88. Транзисторный УПЧ для стереофонического приемника [Транзисторы T_1—T_4 типа AF121 или OC170. Диоды $Д_1$ — GA203; $Д_2$, $Д_3$ — 2 GA206.]

ного сигнала (пороговая автоматика). Схема такого управляющего усилителя приведена на рис. 89 Напряжение промежуточной частоты снимается со вторичной обмотки третьего фильтра промежуточной частоты (точка *5*) через развязывающий фильтр *RC* и подается на следующий резонансный контур, за которым это напряжение выпрямляется с помощью диода $Д_4$. Выпрямленным напряжением открывается транзистор T_5, в эмиттерную цепь которого можно включить стрелочный измерительный прибор для индикации точной настройки При увеличении входного высокочастотного напряжения

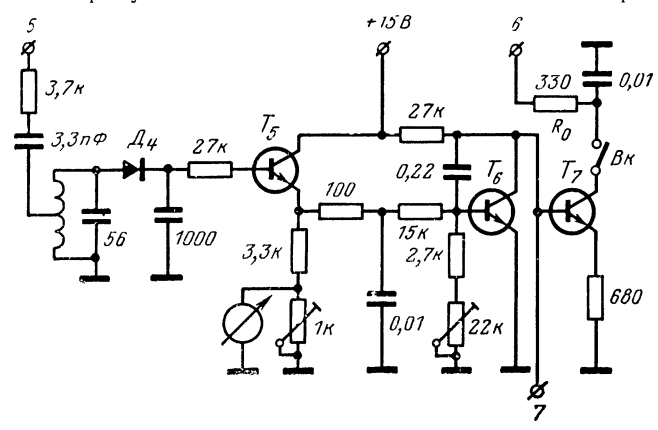


Рис. 89. Схема подавления шумов, индикатора настройки и получения переключающего напряжения пороговой автоматики. [Транзисторы типа BC108, диод $Д_4$ — GA203.]

возрастает постоянное напряжение на эмиттере транзистора T_5. При определенном значении, соответствующем, например, напряжению в антенне 10 мкВ, открывается и транзистор T_6. Это вызывает резкое падение напряжения на коллекторе T_6, что закроет транзистор T_7, который был открыт. Таким образом, при входном напряжении меньше 10 мкВ транзистор T_7 открыт, а при более высоком напряжении закрывается. Если транзистор T_7 открыт, то он через сопротивление эмиттера и резистор R_0 заземляет транзистор T_4 в УПЧ (зажимы *5* соединены). Тем самым напряжение эмиттера T_4 смещается в область отрицательных значений так, что T_4 запирается и на выходе дробного детектора нет никакого напряжения. Как только высокочастотный сигнал превысит значение 10 мкВ, транзистор T_7 закрывается, на эмиттере транзистора T_4 образуется нормальное рабочее напряжение и УПЧ начинает работать. Если мы хотим принимать также передатчики, создающие уровень сигнала в антенне меньше, чем 10 мкВ, необходимо выключить схему подавления шумов с помощью выключателя *Вк*. В этом случае управляющий усилитель можно использовать для автоматического переключения моно-стерео при уровне входного напряжения 10 мкВ. Для этой цели можно использовать, например, изменение постоянного напряжения, которое при входном напряжении более 10 мкВ возникает на коллекторе транзистора T_6 (точка *7*).

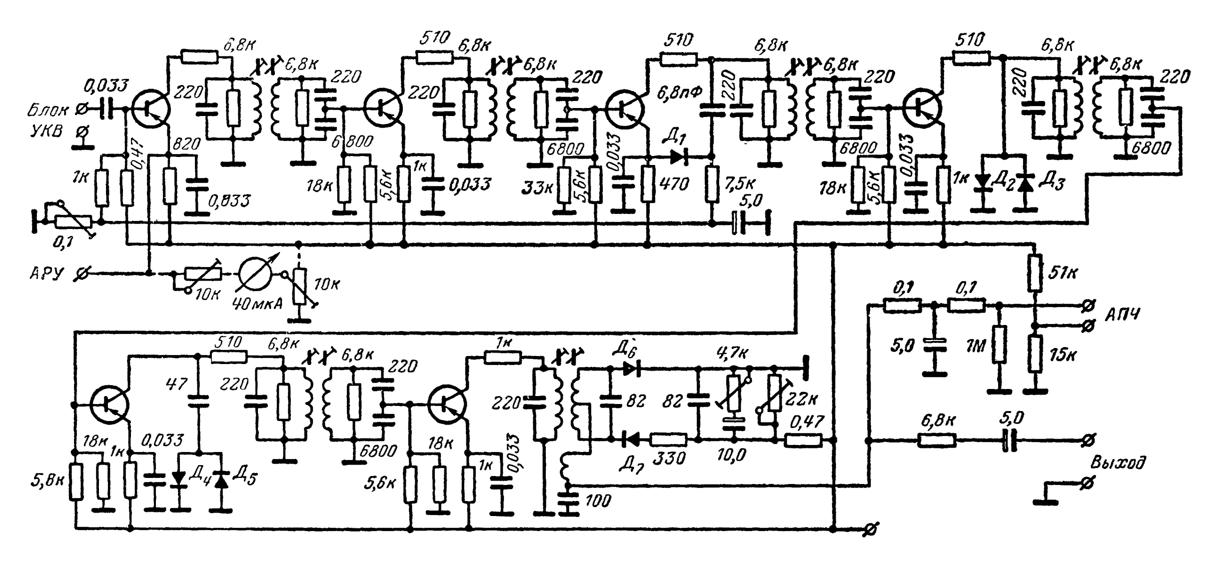


Рис. 90. Схема шестикаскадного транзисторного УПЧ для стереофонического приемника. [Транзисторы типа AF121; AF124 или OC170. Диоды $Д_1$ — GA203; $Д_2$—$Д_5$ — KA501; $Д_6$, $Д_7$ — 2GA206.]

На рис. 90 приведена схема высококачественного УПЧ, имеющего все возможности для хорошего стереофонического приема. Усилитель имеет шесть каскадов и использует шесть транзисторов и семь диодов. За тремя усилительными каскадами следуют два очень эффективных каскада ограничения и дробный детектор. Высокая эффективность ограничения достигается с помощью пар кремниевых диодов. Первый усилительный каскад охвачен АРУ. Управляющее напряжение получается путем выпрямления напряжения промежуточной частоты с третьего усилительного каскада с помощью диода $Д_1$. Транзистор T_1 одновременно является и усилителем напряжения АРУ для блока УКВ. В эмиттерную цепь транзистора T_1 можно включить стрелочный измерительный прибор (индикатор настройки). Все резонансные контуры промежуточной частоты демпфированы резисторами 6,8 кОм, степень связи 0,9—1. Ток покоя диодов $Д_6$, $Д_7$ составляет примерно 50 мкА. Тем самым повышается эффективность выпрямления. С выхода дробного детектора снимается сигнал низкой частоты и постоянное управляющее напряжение для АПЧ. Параметры усилителя следующие: начало ограничения при входном напряжении 2 мкВ, ширина полосы пропускания 250 кГц, расстояние между горбами характеристики детектора 1 МГц.

Рекомендации по любительским конструкциям транзисторного блока промежуточной частоты можно найти в [Л. 7].

3. ДЕКОДЕРЫ СТЕРЕОФОНИЧЕСКОГО СИГНАЛА

С принципом работы разных типов декодеров мы уже познакомились. В этой главе рассматриваются схемы декодеров на лампах и транзисторах. В настоящее время декодеры на лампах почти полностью заменены декодерами на транзисторах, поэтому схемы на лампах будут приведены только во введении для полноты изложения. Декодеры в настоящее время выполняют, кроме своей основной функции, т. е. декодирования КСС, в большинстве случаев еще две функции. Это оптическая индикация наличия стереофонической передачи и автоматическое переключение режимов моно-стерео. Этим двум функциям посвящена отдельная часть данного раздела, и в заключении будет разобрано несколько схем современных автоматических декодеров. Уже было отмечено, что декодеры включаются между дробным детектором при-

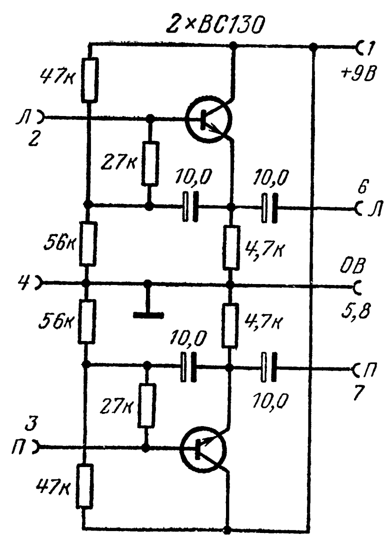


Рис. 91. Согласующее устройство для подключения декодера к УНЧ с малым входным сопротивлением

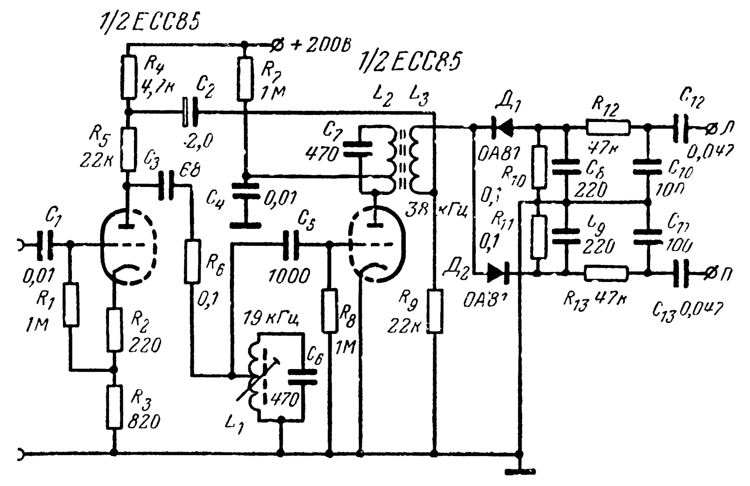


Рис. 92. Простой ламповый декодер с полярным детектором.

емника и двухканальным УНЧ. При этом УНЧ должен иметь достаточно высокое входное сопротивление, чтобы выход декодера не был им слишком нагружен У УНЧ на лампах это условие автоматически выполняется. У низкочастотных усилителей на транзисторах большое значение имеет схема входного каскада. Достаточно большим входным сопротивлением по отношению к декодеру можно считать значение 100—200 кОм. Если используемый УНЧ имеет более низкое входное сопротивление, необходимо между декодером и двухканальным УНЧ включить согласующий элемент, например, как на рис. 91. По существу это для каждого канала самостоятельный эмиттерный повторитель с большим входным сопротивлением. При наличии германиевых *p-n-p* транзисторов можно использовать ту же самую схему, изменяется только полярность источника питания и электролитических конденсаторов.

Ламповые декодеры. На рис. 92 приведена схема декодера, работающего в качестве полярного демодулятора на двойном триоде ECC85. Первый триод работает как усилитель с глубокой отрицательной обратной связью. С анода через конденсатор C_3 и резонансный контур снимается частота пилот-тона, которая подается на второй триод, работающий в качестве удвоителя частоты. В анодной цепи второго триода имеется контур, настроенный на 38 кГц, с которого снимается частота поднесущей. Одновременно на индуктивность связи этого резонансного контура подается КСС с анода первого триода через конденсатор C_2. Два диода $Д_1$ и $Д_2$ путем детектирования огибающих создают на нагрузочных резисторах R_{10} и R_{11} низкочастотные сигналы левого и правого каналов. Сигнал низкой частоты подается через схемы компенсации предыскажений R_{12}, C_{10} и R_{13}, C_{11} и разделительные конденсаторы C_{12}, C_{13} на вход двухканального УНЧ.

Схема декодера на лампах, работающего на принципе временного переключения, приведена на рис 93. Этот декодер также ис-

пользует одну лампу, двойной триод ECC81. В цепи первого триода от КСС отделяется пилот-тон, который снимается с резонансного контура в анодной цепи. Для остальных частот лампа работает как катодный повторитель. КСС далее снимается с катода триода и подается через конденсатор C_4 на кольцевой детектор электронного переключателя, который образуют диоды $Д_3$—$Д_6$ с линеаризирующими резисторами R_9—R_{12}.

Частота пилот-тона, снимаемая с анода первой половины лампы, удваивается диодами $Д_1$, $Д_2$, схема включения которых напоми-

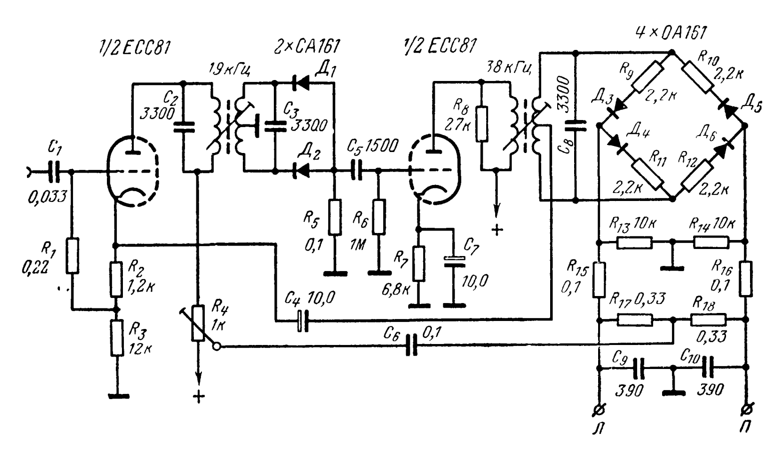


Рис. 93. Ламповый декодер с кольцевым детектором.

нает двухполупериодный выпрямитель. Созданная таким образом частота поднесущей 38 кГц усиливается вторым триодом лампы ECC81 и подается в качестве частоты переключения на кольцевой детектор. В кольцевом детекторе сигнал 38 кГц приводит к тому, что поочередно пропускает ток первая или вторая пара диодов, и тем самым стереофонический сигнал поочередно переключается на один из двух нагрузочных резисторов 10 кОм, с которых снимается сигнал левого и правого каналов и поступает на цепь компенсации предыскажений R_{15}, C_9 и R_{16}, C_{10}. С потенциометра R_4 на выход подается в противофазе часть суммарного сигнала, что позволяет отрегулировать схему на максимальное переходное затухание между каналами.

На рис. 94 приведена схема декодера на лампах, разработанного в VUST Прага. Несмотря на очень хорошие параметры, выпуск его в дальнейшем не предполагается, так как в настоящее время выпускается вариант на транзисторах (см. рис. 97). Декодер работает на принципе временно́го переключения с удвоением частоты пилот-тона с помощью диодов. В качестве электронного переключателя используется перекрестный модулятор (чехословацкий патент).

На входе декодера включена корректирующая цепь R_1, L_1, C_1—C_3, компенсирующая падение напряжения на верхних частотах, имеющее место в тракте промежуточной частоты и дробном детек-

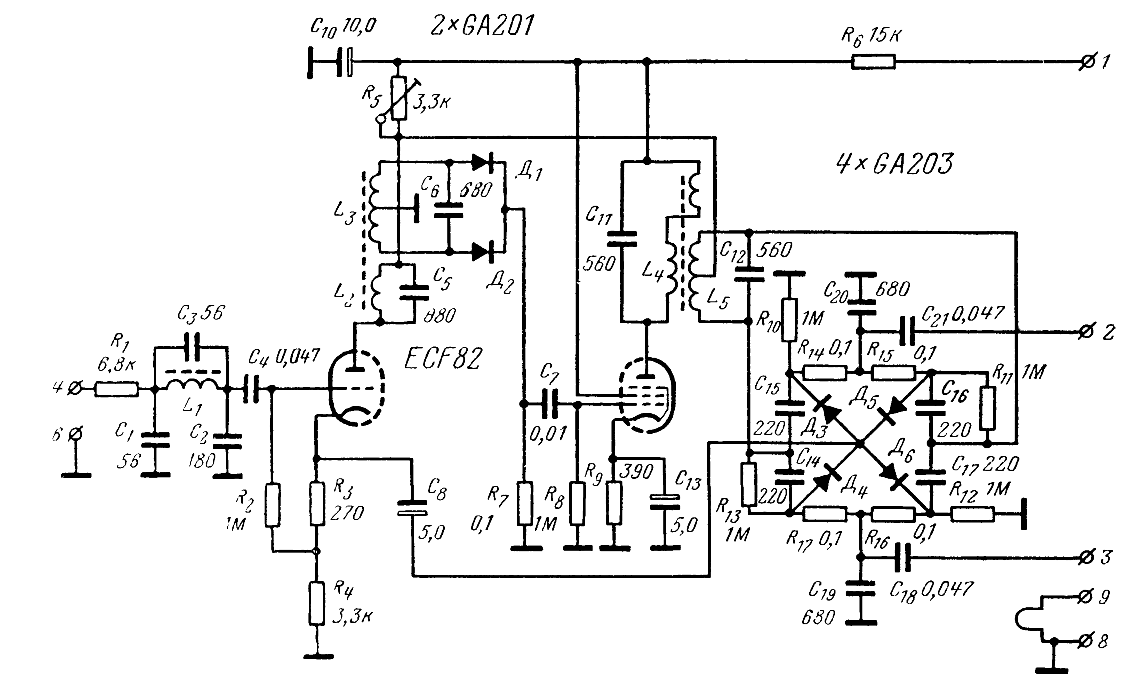


Рис. 94. Ламповый декодер с перекрестным детектором.

торе приемника. Корректирующая цепь, кроме того, резко подавляет частоты выше 100 кГц, особенно третью гармонику поднесущей частоты, т. е. 114 кГц, на которую настроен и параллельный контур L_1, C_3. С корректирующей цепи КСС подается на разделительный каскад, в котором отделяется пилот-тон. Разделитель построен на триоде лампы ECF82. Этот триод для частоты 19 кГц работает как резонансный усилитель, для остальной частотной смеси как катодный повторитель. Пилот-тон снимается с анода с помощью обмотки L_2 и подается на резонансный контур с резонансной частотой 19 кГц. За этим контуром следует удвоитель на диодах $Д_1$, $Д_2$, схема которого напоминает двухполупериодный выпрямитель. Полученная удвоенная частота 38 кГц подается через конденсатор C_7 на управляющую сетку пентода лампы ECF82, который работает в качестве резонансного усилителя 38 кГц. С полосового фильтра L_4, C_{11}, L_5, C_{12}, находящегося в анодной цепи пентода, снимается сигнал поднесущей частоты и подается в качестве переключающей частоты на перекрестный детектор, образованный диодами $Д_3$—$Д_6$. КСС, который подводится через конденсатор C_8 к середине перекрестного детектора, поочередно переключается на выход правого и левого каналов. Компенсация предыскажений создается конденсаторами C_{19} и C_{20} и параллельными комбинациями резисторов R_{14}, R_{15} и R_{16}, R_{17}.

При приеме монофонического сигнала, когда отсутствует поднесущая частота, диоды детектора открыты благодаря постоянному смещению, которое получается подключением середины вторичной обмотки полосового фильтра L_5 к положительному напряжению (конец резистора R_5, который находится под напряжением). Изменением сопротивления резистора R_5 устанавливается максимальное переходное затухание между каналами при настройке декодера. Значение переходного затухания между каналами при хорошо настроенном декодере на частоте 1 кГц лучше 40 дБ, на частоте 10 кГц—24 дБ.

Транзисторные декодеры. Простой транзисторный декодер, схема которого приведена на рис. 95, работает на принципе полярного детектора. Входное сопротивление декодера увеличено с помощью отрицательной обратной связи в первом транзисторе, так что деко-

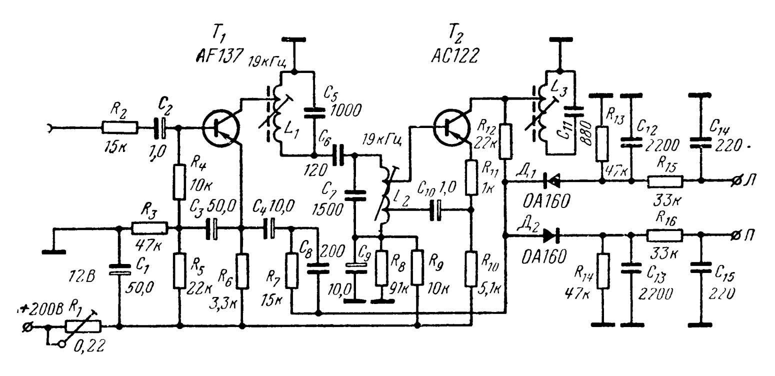


Рис. 95. Простой транзисторный декодер с генератором пилот-тона и с полярным детектором.

дер не слишком нагружает детектор приемника. Транзистор T_1 работает для пилот-тона по схеме с общим эмиттером, для остального КСС — по схеме с общим коллектором. Частота пилот-тона, снимаемая с резонансного контура L_1, C_5, синхронизирует генератор 19 кГц, который содержит транзистор T_2 и резонансный контур L_2, C_7. В коллекторной цепи T_2 включен резонансный контур, настроенный на частоту 38 кГц, на котором вторая гармоника генератора создает напряжение поднесущей частоты. Транзистор T_2 имеет такую рабочую точку, чтобы создавался большой процент выс-

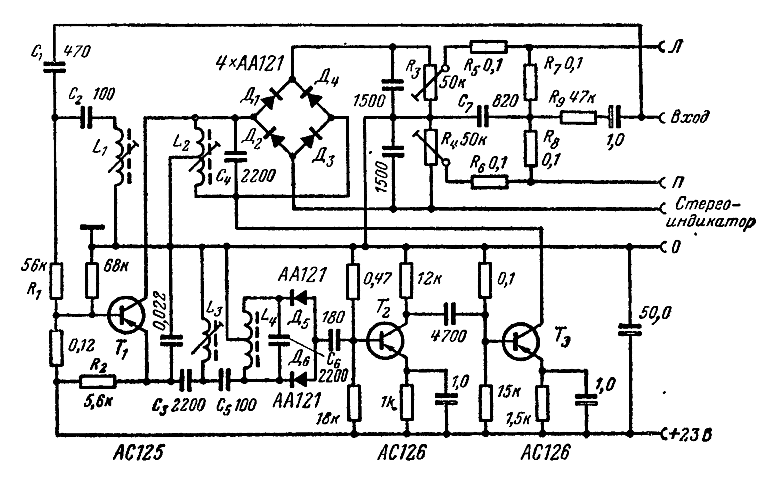


Рис. 96. Матричный транзисторный декодер.

ших гармоник и чтобы он одновременно работал как удвоитель частоты. Стереофонический сигнал снимается с эмиттера транзистора T_1 через корректирующую цепь C_8, R_7 и вместе с напряжением восстановленной поднесущей частоты, которое снимается через резистор R_{12} с коллектора транзистора T_2, подается на диоды $Д_1$ и $Д_2$, включенные в противоположной полярности. На сопротивлениях нагрузки диодов возникает напряжение низкой частоты правого и левого стереофонических каналов, которое поступает через цепи компенсации предыскажений на двухканальный УНЧ. Обмотки катушек резонансных контуров помещены в ферритовые сердечники.

На рис. 96 приведена схема транзисторного декодера Graetz, тип «1265». Этот декодер является довольно сложным и приводится потому, что относится к группе матричных декодеров. КСС с выхода дробного детектора приемника подается на вход декодера. Суммарная составляющая сигнала M отделяется с помощью цепи C_7, R_9 и подается через разделительные сопротивления R_7 и R_8 прямо на выход обоих каналов. Кроме того, КСС через конденсатор C_1 поступает на базу транзистора T_1. Контур C_2, L_1 настроен на частоту 76 кГц и подавляет канал SCA. С эмиттера транзистора T_1 снимается через полосовой фильтр L_3, L_4 пилот-тон и удваивается в диодном удвоителе на диодах $Д_5$, $Д_6$. Транзистор T_1 при этом работа-

ет также как резонансный усилитель разностной составляющей S комплексного стереофонического сигнала; так как в его коллекторную цепь включена часть резонансного контура детектора L_2, C_4, то этот контур должен иметь достаточно широкую характеристику, что позволяет передавать боковые полосы частот модуляции. Он рассчитан так, чтобы для сигнала S служить одновременно и цепью компенсации предыскажений.

Сигнал поднесущей частоты, образующийся за удвоителем, усиливается каскадами на транзисторах T_2 и T_3. В коллекторную цепь транзистора T_3 включен резонансный контур детектора L_2, C_4. В этом контуре поднесущая частота складывается со своими боковыми полосами и детектируется с помощью диодов $Д_1$—$Д_4$, включенных по мостовой схеме. При детектировании на резисторе R_3 возникает сигнал $+(Л-П)$, на резисторе R_4 сигнал $-(Л-П)$. Эти сигналы подаются через разделительные резисторы R_5 и R_6 на выход правого и левого каналов, где суммируются с суммарным сигналом $Л+П$ и таким образом создают при соблюдении правильного соотношения амплитуд* низкочастотные сигналы правого и левого стереофонических каналов. Для соблюдения правильного соотношения амплитуд суммарного и разностного сигналов сопротивления R_3 и R_4 оформлены в виде потенциометров, и с их помощью регулируется переходное затухание между каналами.

Схема чехословацкого транзисторного декодера TSD3A приведена на рис. 97. Декодер работает по принципу временно́го переключения и представляет собой транзисторный вариант декодера на лампах с перекрестным детектором (рис. 94); он предназначен для приемников на лампах, и его напряжение питания равно 200 В. Для транзисторных приемников предназначен декодер TSD3A с напряжением питания 12 В, схема которого подобна предыдущей, за исключением включения транзисторов по постоянному току. Декодер TSD3A использован в первом чехословацком стереофоническом приемнике TESLA538A «Stereodirigent».

КСС с выхода дробного детектора приемника подается в точку *2* декодера. Сразу же на входе с помощью резонансного контура L_1, C_1 отделяется пилот-тон, который усиливается резонансным усилителем на транзисторе T_1. С резонансного контура L_2, C_4 в коллекторной цепи усиленный пилот-тон подается на базу второго транзистора T_2, который работает как удвоитель частоты. Полосовой фильтр L_3, C_9, L_4, C_{11} включен в коллекторную цепь транзистора T_2 и настроен на частоту 38 кГц. Со вторичного контура C_{11}, L_4 снимается напряжение поднесущей частоты и подается в качестве частоты переключения на перекрестный детектор из диодов $Д_1$—$Д_4$. Одновременно в центр перекрестного детектора (точка соединения всех четырех диодов) подается через корректирующую цепь R_2, R_3, C_3 и разделительный конденсатор C_{12} КСС. Под воздействием переключающего напряжения 38 кГц поочередно открываются пары диодов $Д_1$, $Д_2$ и $Д_3$, $Д_4$. Они переключают стереофонический сигнал на выход правого (точка *6*) и левого (точка *4*) каналов. Конденсаторы C_{15} и C_{20} с параллельной комбинацией резисторов R_{12}, R_{13} и R_{14}, R_{15} образуют цепи компенсации предыскажений для левого и правого каналов; C_{14}, C_{17}, C_{18}, C_{21} — это накопительные конденсаторы, которые определяют угол отсечки диодов и обеспечивают сглаживание низкочастотного напряжения обоих каналов.

---

* Обязательно также правильное соотношение фаз. (*Прим. ред*)

При приеме монофонического сигнала, когда отсутствует поднесущая частота, диоды перекрестного детектора открыты благодаря напряжению, получаемому подключением середины вторичной обмотки L_4 к положительному потенциалу (разделенное эмиттерное сопротивление R_9, R_{10}). Этим обеспечивается неискаженная подача монофонического сигнала на вход УНЧ приемника.

С коллектора транзистора T_2 через конденсатор C_0 снимается сигнал поднесущей частоты, который затем выпрямляется с помощью диода $Д_5$, а возникшее постоянное напряжение можно использовать для индикации наличия стереофонической передачи. Контроль и настройка декодера TSD3A подробно описаны в соответствующей главе. Механическая конструкция декодера приведена на рис. 98. Декодер помещается в алюминиевый кожух, размеры которого 70×60×30 мм.

Стереоиндикатор и автоматическое переключение моно-стерео. Современные стереофонические декодеры позволяют осуществлять, кроме дешифровки КСС, еще две функции, а именно: индикацию наличия стереофонической передачи и автоматическое переключение моно-стерео.

Индикация необходима для быстрой ориентировки, передает ли данный передатчик монофоническую или стереофоническую программу. Ясно, что это трудно определить на слух, и необходимо учесть, что и в дальнейшем не все программы будут стереофоническими (например, новости и т. д.). Поэтому для индикации наличия стереофонической передачи используются оптические устройства. Устройство, которое обеспечивает такую индикацию, называется стереоиндикатором. Таким устройством может быть неоновая лампочка, лампа накаливания, электронный индикатор настройки или стрелочный измерительный прибор. Постоянное напряжение, необходимое для индикации, создается на базе пилот-тона или поднесущей частоты.

С этой точки зрения некоторые затруднения возникают в декодерах с синхронизированным генератором 38 кГц, в которых сигнал поднесущей частоты имеется и тогда, когда на входе отсутствует пилот-тон. У таких декодеров необходимо создавать напряжение индикации на базе напряжения пилот-тона; оно, однако, довольно мало, поэтому весь стереоиндикатор получается значительно более сложным (примерно три транзистора + резонансные контуры). Но нужно заметить, что декодеры с синхронизированным генератором в настоящее время из-за многих недостатков почти не используются.

Схемы стереоиндикаторов с неоновой лампочкой приведены на рис. 99—101. На рис. 99 напряжение поднесущей частоты снимается с коллектора последнего транзистора декодера и подается через конденсатор C_1 на диод $Д_1$. При наличии сигнала поднесущей частоты на диоде возникает постоянное напряжение около 20 В, которое зажигает неоновую лампочку. На нее подается напряжение смещения с потенциометра R_2 так, чтобы после исчезновения поднесущей частоты неоновая лампа обязательно погасла.

На рис. 100 неоновая лампочка подключена к симметричному полярному детектору через лампу ЕС92, которая работает как усилитель постоянного тока (УПТ). При наличии поднесущей частоты на выходе детектора возникает постоянное напряжение примерно 4 В, которое после усиления зажигает неоновую лампочку. На рис. 101 функцию усилителя выполняет транзистор. В данном слу-

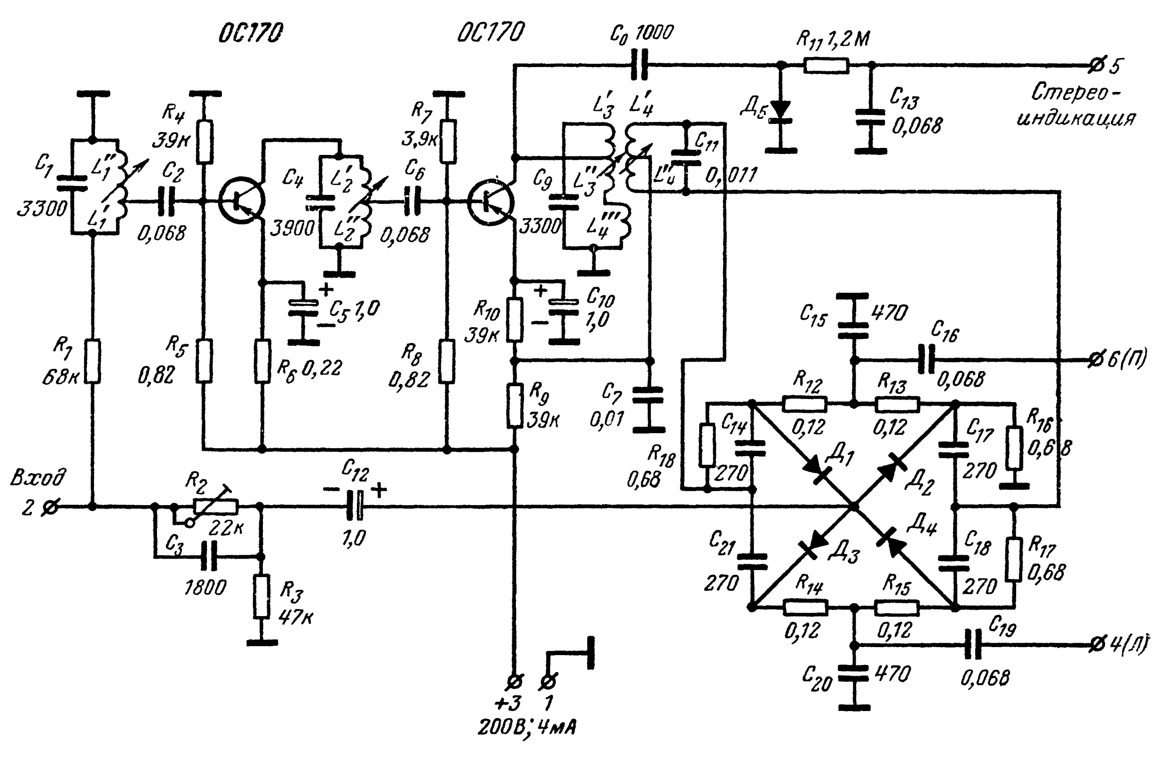


Рис. 97. Транзисторный декодер TSD3A с перекрестным детектором.

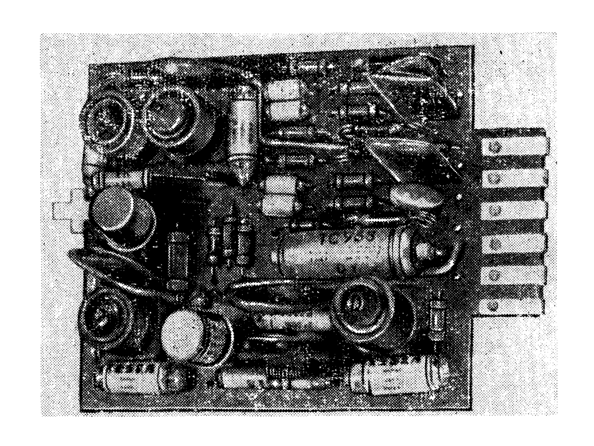


Рис. 98. Общий вид декодера TSD3A.

Рис. 99. Стереоиндикатор с неоновой лампочкой.

Рис. 100. Стереоиндикатор на неоновой лампе с ламповым УПТ.

чае постоянное напряжение, необходимое для зажигания, снимается с удвоителя частоты пилот-тона, который построен на диодах.

На рис. 102 и 103 представлены схемы включения стереоиндикатора с лампочкой накаливания, включенной в коллекторную цепь транзистора. Такая схема в настоящее время используется наиболее часто, так как она удобна для современных транзисторных приемников. В схеме на рис. 102 сигнал 38 кГц для индикации снимается

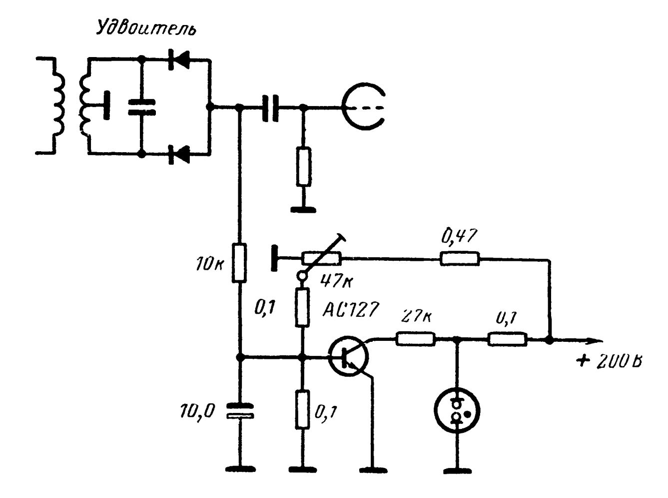


Рис. 101. Стереоиндикатор на неоновой лампе с транзисторным УПТ.

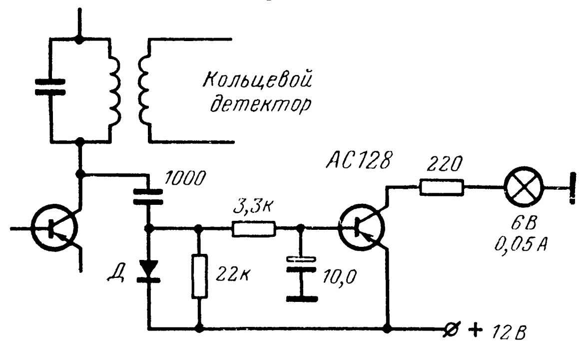


Рис. 102. Стереоиндикатор с лампой накаливания.

таким же образом, как на рис. 99, т. е. с коллектора последнего транзистора декодера. После выпрямления с помощью диода *Д* сигнал открывает транзистор АС128, в цепи коллекторного тока которого находится коммутаторная лампочка. При отсутствии напряжения поднесущей частоты транзистор закрыт, и лампочка не горит.

Схема на рис. 103 работает так же, однако частота 38 кГц для индикации в этом случае снимается со специальной обмотки резонансного контура детектора в декодере и выпрямление обеспечивает переход база — эмиттер транзистора. Эта схема была первоначально предназначена для ламповых приемников, и поэтому постоянное напряжение питания транзистора стереоиндикатора получается выпрямлением напряжения накала 6,3 В.

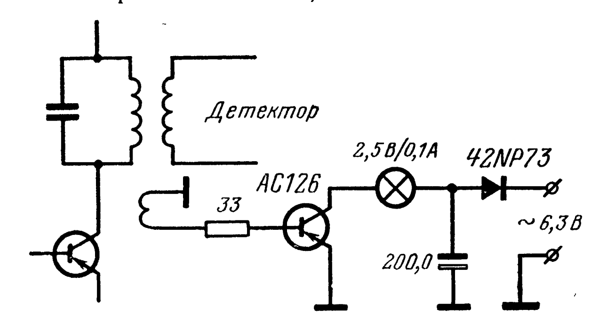


Рис. 103. Стереоиндикатор с лампой накаливания для лампового приемника.

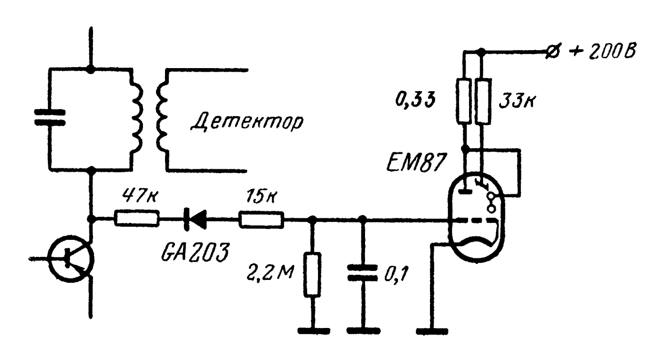


Рис 104. Стереоиндикатор с индикатором настройки EM87.

У ламповых приемников для индикации стереофонических передач можно использовать электронный индикатор настройки. Постоянное напряжение, получаемое выпрямлением сигнала поднесущей частоты, подается на управляющую сетку (например, EM87). Чтобы не было необходимости использовать два индикатора, один для индикации настройки, а второй для стереоиндикации, для стереофонических приемников был разработан специальный комбинированный электронный индикатор EMM803. Соответствующие схемы приведены на рис. 104 и 105. На рис. 104 для индикации использована самостоятельная система EM87. Напряжение поднесущей частоты

снимается перед кольцевым детектором и выпрямляется диодом *Д*. Пример использования комбинированного индикатора EMM803 для индикации стереофонических передач приведен на рис. 105. Такая же схема использована в приемнике Stereodirigent 538A.

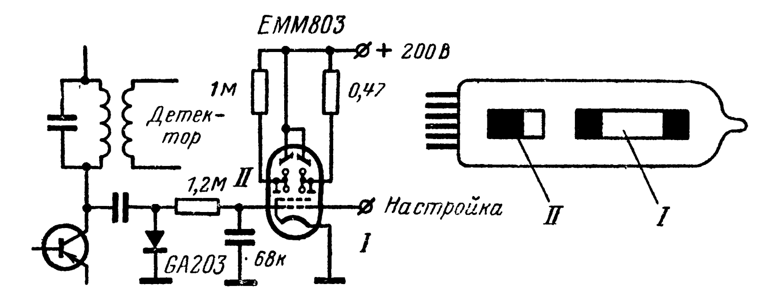


Рис. 105. Стереоиндикатор с комбинированным индикатором настройки EMM803.

Использование стрелочного измерительного прибора для стереоиндикации встречается очень редко, любой радиолюбитель может легко его реализовать. Для этого достаточно использовать чувствительный магнитоэлектрический измерительный прибор с добавочным сопротивлением или же можно подключить ампервольтомметр к некоторой точке, в которой при наличии поднесущей частоты возникает постоянное напряжение. Это может быть, например, диодный удвоитель или детектор в декодере. Пример включения стрелочного измерительного прибора как стереоиндикатора в контур удвоителя пилот-тона приведен на рис. 106.

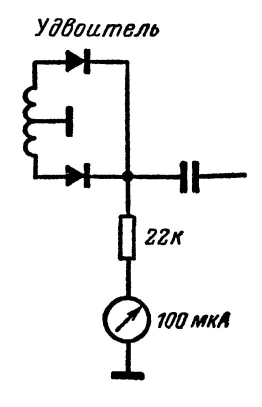


Рис. 106. Стереоиндикация с помощью стрелочного измерительного прибора.

Автоматическое переключение моно-стерео может у современных приемников заменить ручное переключение при переходе от монофонического приема к стереофоническому и обратно. [Полезность автоматического переключения моно-стерео находится в настоящее время под вопросом. Дело в том, что многие радиостанции Советского Союза и других стран включают поднесущую частоту не только во время стереопередачи, но и до нее. Иногда между двумя стереопередачами идет монофоническое вещание, а поднесущая частота не выключается. Сигнал поднесущей частоты может использоваться также для контроля настройки передатчика. Во всех этих случаях, очевидно, автоматика создает ложное срабатывание. Если автоматика все же введена, необходимо предусмотреть возможность ее выключения. (*Прим. ред.*)]

Это автоматическое переключение обычно комбинируется с так называемой пороговой автоматикой. Пороговая автоматика обеспечивает переключение приемника на стереофонический прием только тогда, когда величина входного высокочастотного сигнала обеспечивает удовлетворительный стереофонический прием. Если сигнал принимаемого стереофоничского передатчика недостаточен, приемник

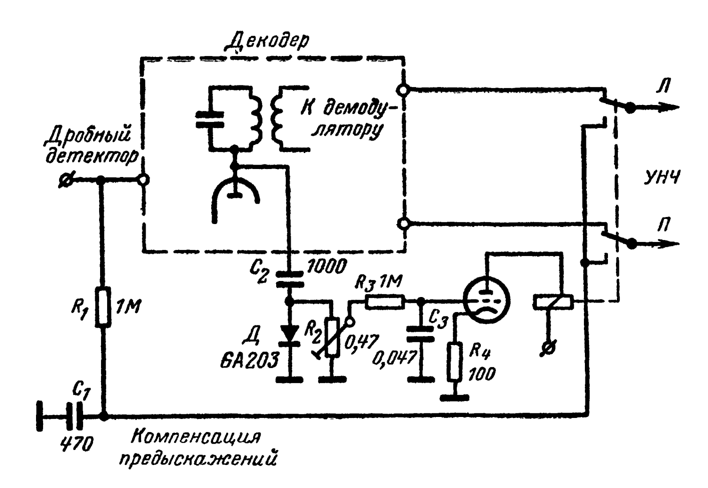


Рис. 107. Автоматическое переключение моно-стерео с помощью реле (для лампового радиоприемника).

останется в режиме монофонического приема, что обеспечит хотя и монофонический, но зато более приемлемый прием. Управляющее напряжение для автоматического переключения моно-стерео обычно определяется уровнем сигнала пилот-тона или сигнала поднесущей частоты.

В зависимости от принципа действия различают два вида автоматического переключения. В первом случае сигналом пилот-тона или поднесущей частоты управляется переключающий транзистор или лампа, в цепи которых находится реле. При наличии достаточно сильного сигнала поднесущей частоты реле включается и своими контактами переключает приемник с монофонического приема на стереофонический, точно так же, как это производится у обычных приемников при ручном переключении клавиш.

Второй способ заключается в том, что выходной усилитель поднесущей частоты при отсутствии пилот-тона на входе декодера блокирован определенным смещением базы. Диоды детектора электронного переключателя удерживаются с помощью постоянного смещения в открытом состоянии. Поэтому монофонический сигнал проходит без искажений и без увеличения уровня шумов, вызванного декодером. Если нет поднесущей частоты, то не может иметь место и детектирование боковых полос и, следовательно, не увеличивается уровень шумов. На выходе более высокие частоты подавляются

цепью компенсации предыскажений, так что они не вносят помех. При определенном уровне напряжения пилот-тона, соответствующем, например, входному высокочастотному напряжению 20 мкВ, его выпрямлением создается смещение, которое сдвигает рабочую точку усилителя поднесущей частоты в рабочую часть его характеристики, и декодер работает далее в нормальном режиме.

Блокировка усилителя поднесущей частоты целесообразна и при монофоническом приеме, так как составляющие шума, относящиеся

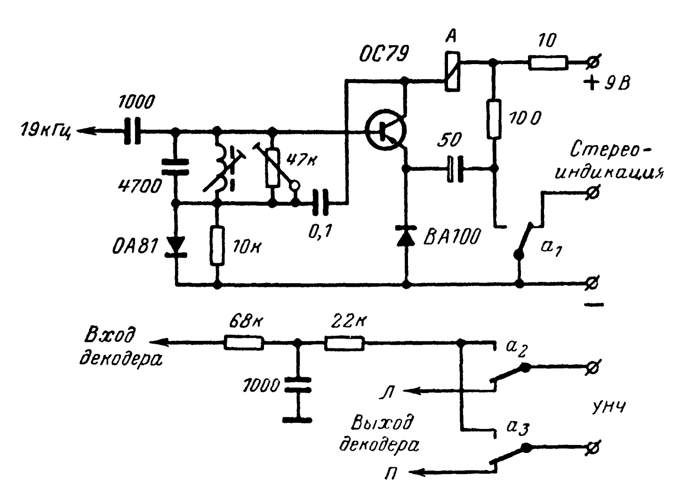


Рис. 108. Автоматическое переключение моно-стерео с использованием реле (для транзисторного приемника).

к области 19 кГц, могут быть достаточно сильными для того, чтобы из них после усиления и удвоения образовалась частота поднесущей и, таким образом, имело место детектирование вспомогательного канала и связанное с ним повышение уровня шумов.

Пример схемы автоматического переключения моно-стерео с помощью реле в ламповом приемнике приведен на рис. 107. Сигнал поднесущей частоты снимается с декодера перед электронным переключателем через конденсатор C_2 и выпрямляется диодом $Д$. Выпрямленное напряжение запирает лампу ЕС92. При отсутствии сигнала поднесущей частоты или при его низком уровне реле замкнуто и оба канала низкой частоты подключены через цепь компенсации предыскажений R_1, C_1 к выходу дробного детектора приемника. Когда сигнал поднесущей частоты достигнет достаточного уровня, лампа блокируется, реле отпустит и подключит оба канала УНЧ к выходу декодера. Порог срабатывания реле можно изменять с помощью потенциометра R_2, что позволяет выбирать величину порогового напряжения стереофонического сигнала, при котором осуществляется срабатывание.

На рис. 108 приведена схема подобного устройства для транзисторного приемника, работающего с переключающим транзистором

ОС79. В качестве управляющего напряжения в данном случае использован сигнал пилот-тона, который снимается с декодера перед контуром удвоителя. При переключении моно-стерео срабатывает вспомогательный контакт реле, который можно также использовать для стереоиндикации.

Автоматическое переключение моно-стерео с помощью реле в новых приемниках уже почти не используется, а заменено автоматическими декодерами, работающими по второму принципу.

Примеры автоматических декодеров этого типа без механически перемещающихся контактов приведены в следующем разделе.

Декодеры с автоматическим переключением. На рис. 109 приведена схема транзисторного декодера с автоматическим переключением фирмы Loewe-Opta, тип «54941». Декодер содержит три транзистора и восемь германиевых диодов; он представляет собой самостоятельный механический блок, и его общие размеры, включая кожух (80×50×25 мм), не превышают размеров трансформатора промежуточной частоты. Декодер предназначен для ламповых приемников, он имеет регулируемую пороговую автоматику и вывод напряжения для стереоиндикатора.

На входе декодера имеется фильтр нижних частот (ФНЧ) R_1, C_1, C_2, L, который подавляет частоты свыше 67 кГц (американский канал SCA). Эта схема одновременно рассчитана так, что немного усиливает частоты около 50 кГц и тем самым выравнивает спад верхних частот в дробном детекторе приемника. Такую же роль играет и конденсатор C_6 с регулируемым сопротивлением R_6 в эмиттерной цепи транзистора T_1.

При монофоническом приеме сигнал после усиления транзистором T_1 поступает через конденсатор C_{25} на вторичную обмотку трансформатора L_3, L_4 и отсюда через диоды $Д_5$, $Д_6$, резистор R_{27} и конденсатор C_{23} на выход правого канала, а через диоды $Д_7$, $Д_8$, резистор R_{28} и конденсатор C_{24} на выход левого канала. Диоды $Д_5$—$Д_8$ при этом удерживаются в открытом состоянии постоянным смещением через резисторы R_{22}, R_{23} и R_{26}. Резисторы R_{27} и R_{28} являются частью цепей компенсации предыскажений. Конденсаторов этих цепей нет в декодере, они должны подключаться к входам УНЧ и рассчитываться так, чтобы вместе с упомянутыми резисторами, входной емкостью усилителя и емкостью монтажа составлять постоянную времени 50 мкс. Следовательно, общая емкость при сопротивлении $R=100$ кОм должна быть примерно 500 пФ.

При приеме стереофонического радиовещания пилот-тон выделяется резонансным контуром L_1, C_5, находящимся в эмиттерной цепи T_1, суммарный и разностный сигналы снимаются с коллектора транзистора T_1 через конденсатор C_{25} и подаются на среднюю точку обмотки L_4. Пилот-тон усиливается далее резонансным усилителем и транзистором T_2. В коллекторной цепи T_2 за контуром L_2, C_{10}, настроенным на 19 кГц, следует удвоитель на диодах $Д_1$, $Д_2$. Восстановленная после удвоения поднесущая частота подводится через конденсаторы C_{11} и C_{12} на базу транзистора T_3, работающего в качестве резонансного усилителя 38 кГц. В коллекторной цепи этого транзистора включен резонансный контур L_3, C_{14}, настроенный на частоту 38 кГц, к вторичной обмотке которого подключена декодирующая схема, работающая по принципу временно́го переключения. В зависимости от мгновенной полярности поднесущей частоты открыты либо диоды $Д_5$ и $Д_6$, либо $Д_7$ и $Д_8$, и стереофонический сигнал, таким образом, поочередно переключается на выход правого или

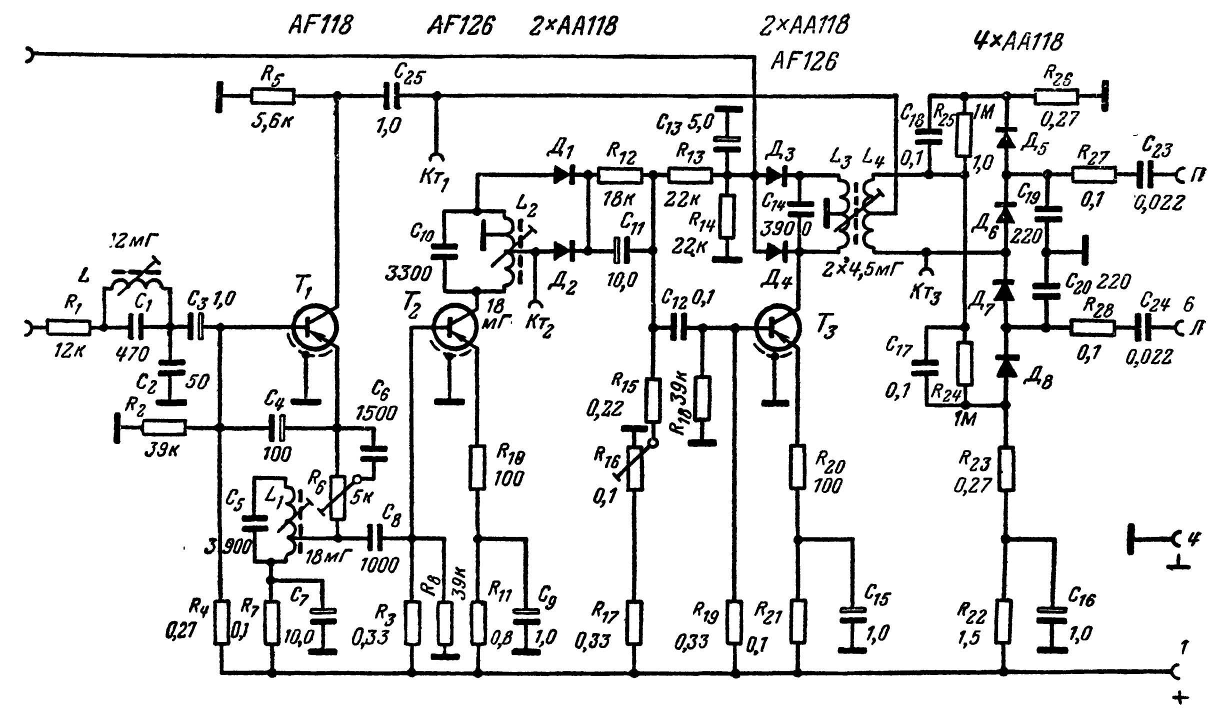


Рис. 109. Автоматический стереодекодер Loewe-Opta, тип «52941».

левого каналов. Включение цепей R_{24}, C_{17} и R_{25}, C_{18} уменьшает угол отсечки диодов, и тем самым улучшаются свойства декодера, прежде всего переходное затухание между каналами. Переходное затухание между каналами у описанного декодера во всем передаваемом диапазоне частот лучше 30 дБ, в полосе 500 Гц — 5 кГц — лучше 40 дБ.

В коллекторной цепи транзистора T_3 к первичной обмотке резонансного контура L_3 подключены диоды $Д_3$, $Д_4$, работающие в качестве двухполупериодного выпрямителя напряжения поднесущей частоты. Эти диоды совместно с нагрузочным резистором R_{14} и фильтрующим конденсатором C_{13} выполняют в общем три функции. Они работают в качестве ограничителя амплитуды поднесущей, создают источник постоянного управляющего напряжения для стереоиндикации и для автоматического переключения с монофонического режима на стереофонический.

Схема автоматического переключения моно-стерео работает следующим образом: часть напряжения питания, получаемая с делителя напряжения R_{16}, R_{17}, подается через следующий делитель напряжения R_{15}, R_{13} и последовательно включенный резистор R_{12} на диоды $Д_1$ и $Д_2$ удвоителя. Это напряжение смещения, величина которого регулируется резистором R_{16} (в пределах 2—4 В), подается на диоды, подзакрывая их. Диоды поэтому закрыты для напряжения пилот-тона, которое меньше этого смещения. В таком случае транзистор T_3 не получает на базу никакого напряжения возбуждения, и поднесущая частота не образуется; декодер переключен на монофонический режим. Однако как только напряжение пилот-тона хотя бы немного превысит запирающее смещение диодов, часть восстановленного сигнала поднесущей частоты попадает на транзистор T_3, усиливается и диоды $Д_3$, $Д_4$, которые находятся в коллекторной цепи, выпрямляют сигнал. На резисторе R_{14} возникает отрицательное смещение, которое подается через резистор R_{13} в цепь диодов $Д_1$, $Д_2$ удвоителя, запирающее смещение уменьшается, а тем самым увеличивается переменное напряжение возбуждения транзистора T_3. В течение нескольких миллисекунд запирающее напряжение диодов снимается и переменное напряжение поднесущей частоты достигает на обмотке L_3 своего максимального значения. Электронный переключатель на диодах $Д_5$—$Д_8$ получает со вторичной обмотки L_4 переключающее напряжение с частотой поднесущей Декодер тем самым автоматически переключается на стереофонический режим.

Последним вариантом описанного автоматического декодера Loewe-Opta является декодер «72941», схема которого приведена на рис. 110. Он отличается от предыдущего типа прежде всего тем, что имеет кремниевые транзисторы, схема его построена с максимальной экономией (содержит на семь резисторов и три конденсатора меньше). Декодер предназначен также для ламповых приемников. Особенностью схемы является последовательное питание постоянным напряжением всех трех транзисторов. Тем самым общая потребляемая мощность декодера уменьшилась с 1,5 Вт у старого типа до 0,6 Вт. При этом кремниевые транзисторы обеспечивают высокую стабильность при больших отклонениях температуры внутри ламповых приемников. Функция отдельных цепей декодера на рис. 110 остается по существу такой же, как у типа «52941».

Схема автоматического декодера фирмы Valvo приведена на рис. 111 [Л. 8]. В отличие от двух предыдущих типов он предназ-

Рис 110 Автоматический стереодекодер Loewe-Opta, тип «72941»

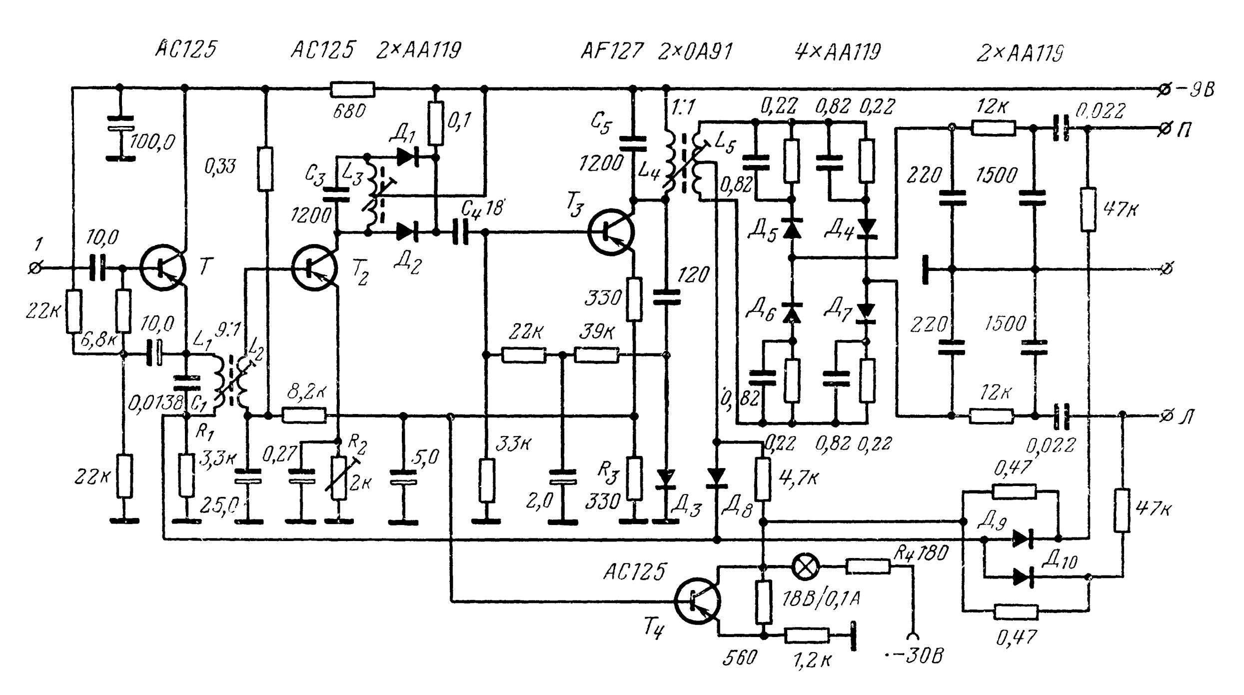


Рис. 111. Автоматический стереодекодер Valvo.

начен для транзисторных приемников и имеет постоянное напряжение питания 9 В. Декодер содержит четыре транзистора и 10 полупроводниковых диодов (включая стереоиндикатор) и имеет регулируемую пороговую автоматику.

Сигнал с дробного детектора приемника подается на базу транзистора T_1, который работает как эмиттерный повторитель, обеспечивая большое входное сопротивление декодера. В эмиттерной цепи резонансным контуром L_1, C_1 выделяется пилот-тон и подается через обмотку связи L_2 на базу транзистора T_2. В коллекторной цепи этого транзистора за резонансным контуром L_3, C_3 включен удвоитель $Д_1$, $Д_2$. Фаза возникающей за удвоителем частоты 38 кГц сдвигается на 90° с помощью интегрирующей цепи, которая состоит из конденсатора C_4 и входного сопротивления транзистора T_3 с учетом делителя напряжения в базовой цепи.

Транзистор T_3 работает как резонансный усилитель 38 кГц. С коллекторного резонансного контура L_4, C_5 через обмотку связи L_5 снимается переключающая частота 38 кГц для диодов $Д_4$—$Д_7$ электронного переключателя, включенного по схеме кольцевого детектора.

При монофоническом приеме сигнал низкой частоты с дробного детектора приемника подается на вход декодера, после прохождения транзистора T_1 подается на диоды $Д_8$, $Д_9$ и $Д_{10}$. На эти же диоды через резисторы подается смещение с коллектора транзистора T_4. При монофоническом приеме транзистор T_4 закрыт и на его коллекторе имеется высокое закрывающее напряжение. Поэтому диод $Д_8$ закрыт, а диоды $Д_9$ и $Д_{10}$ открыты и подают низкочастотный сигнал через цепи компенсации предыскажений на входы УНЧ левого и правого каналов. Рабочая точка транзистора T_3 выбрана так, что в состоянии покоя (при отсутствии пилот-тона) он закрыт.

При стереофоническом приеме, когда напряжение пилот-тона достигает определенного значения, отрицательные полуволны переменного напряжения за удвоителем открывают транзистор T_3, на коллекторе которого появляется частота 38 кГц. Диодом $Д_3$ этот сигнал выпрямляется и подается в качестве отрицательного смещения обратно на базу транзистора T_3. Тем самым рабочая точка транзистора смещается в рабочую область его характеристики, что обеспечивает дальнейшее усиление напряжения поднесущей частоты в коллекторе. В течение нескольких миллисекунд транзистор T_3 открывается, и сигнал поднесущей частоты на резонансном контуре L_4, C_5 достигает области насыщения. На резисторе R_3 возникает отрицательное смещение, которое подается на базу транзистора T_2, увеличивает его усиление и тем самым ускоряет процесс переключения. Отрицательное смещение, создаваемое на резисторе R_3, одновременно подается и на базу транзистора T_4 и открывает его. Коллекторный ток этого транзистора зажигает лампочку стереоиндикатора.

Протекающий ток вызывает на лампочке и на резисторе R_4 падение напряжения, которое смещает потенциал коллектора транзистора T_4 в направлении положительных значений, и поэтому диод $Д_8$ открывается, а диоды $Д_9$ и $Д_{10}$ запираются. КСС, следовательно, подается с резистора R_1 через диод $Д_8$ на среднюю точку вторичной обмотки L_5 электронного переключателя. Диоды $Д_4$—$Д_7$ переключателя переключают КСС в ритме частоты поднесущей на выход левого и правого каналов, чем и осуществляется процесс декодирования.

Изменением резистора R_2 можно настроить пороговую автоматику переключения моно-стерео. Например, при значении $R_2=350$ Ом декодер переключается на стереофонический режим при входном напряжении пилот-тона примерно 50 мВ.

На рис. 112 приведена схема автоматического декодера фирмы Telefunken [Л. 9]. Декодер содержит три транзистора и семь германиевых диодов и размещен на печатной плате размерами 130×60 мм. Он предназначен для транзисторных приемников, имеет пороговую автоматику и стереоиндикатор. Работает по принципу временно́го переключения. Переходное затухание на частоте 1 кГц составляет 40 дБ, а во всем передаваемом диапазоне частот больше 30 дБ. Входное сопротивление 100 кОм. Максимальное допустимое входное напряжение КСС составляет 2 В, рабочий диапазон температур 10—45 °С.

Сигнал с дробного детектора приемника подается на транзистор T_1, который работает по схеме с повышенным входным сопротивлением [Л. 1]. КСС снимается с этого транзистора, во-первых, с эмиттерного сопротивления (с неизменной фазой) и, во-вторых, с регулируемого потенциометра R_1, находящегося в коллекторной цепи (в противофазе). Этот второй, сдвинутый по фазе сигнал с регулируемой амплитудой используется на выходе декодера для настройки переходного затухания между каналами. При этом можно скомпенсировать линейные искажения КСС в усилителе промежуточной частоты и дробном детекторе индивидуально для каждого приемника. В коллекторной цепи транзистора T_1 включена также обмотка связи L_1 контура с резонансной частотой 19 кГц. Пилот-тон с контура L_1 подается на транзистор T_2, в котором усиливается, а после резонансного контура L_2, включенного в коллекторную цепь транзистора T_2, частота удваивается с помощью удвоителя на диодах $Д_1$, $Д_2$. Транзистор T_3 работает в качестве резонансного усилителя 38 кГц. В резонансном контуре L_3 в его коллекторной цепи получается частота поднесущей, которая подается на электронный переключатель декодера, работающий по схеме кольцевого детектора на диодах $Д_3$—$Д_6$.

При монофоническом приеме низкочастотный сигнал после прохождения транзистора T_1 подается на среднюю точку вторичной обмотки контура L_3 и отсюда диодами $Д_3$—$Д_6$ одновременно на выход обоих каналов. Диоды $Д_3$—$Д_6$ при этом удерживаются в открытом состоянии постоянным смещением на резисторах R_5 и R_6. Рабочая точка транзистора T_2 соответствует режиму класса C, поэтому поднесущая частота, необходимая для декодирования, не может возникнуть.

При приеме стереофонической передачи на базу транзистора T_2 попадает переменное напряжение 19 кГц. Начиная с определенного минимального значения, положительные полуволны напряжения этой частоты открывают транзистор T_2. На коллекторном резонансном контуре L_2 возникает синусоидальное напряжение 19 кГц, которое после удвоения частоты уже как поднесущая частота усиливается транзистором T_3. В коллекторную цепь транзистора T_3 включен диод $Д_7$, который выпрямляет переменное напряжение поднесущей, и полученное таким образом положительное напряжение подается через фильтр на базу транзистора T_2. Рабочая точка этого транзистора тем самым смещается в область режима класса A. С помощью этой связи усиление транзистора T_2 лавинообразно возрастает, и напряжение поднесущей частоты на коллекторе транзи-

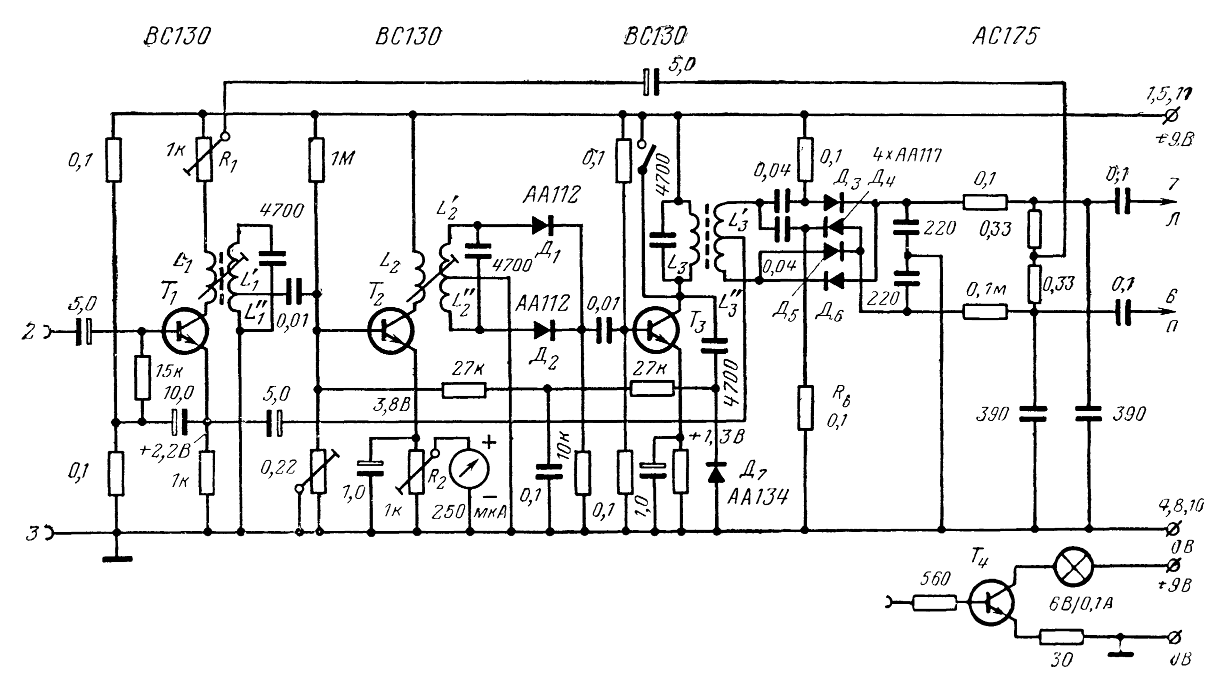


Рис 112 Автоматический стереодекодер Telefunken.

стора T_3 мгновенно достигает своего максимального значения. С помощью переключателя в коллекторной цепи транзистора T_3 можно вручную переключить декодер на монофонический режим.

В качестве стереоиндикатора можно подключить либо стрелочный измерительный прибор на 200 мкА, либо переключающий транзистор с лампочкой (на рис. 112 вправо внизу). Пороговая автоматика переключения моно-стерео настраивается регулирующим по-

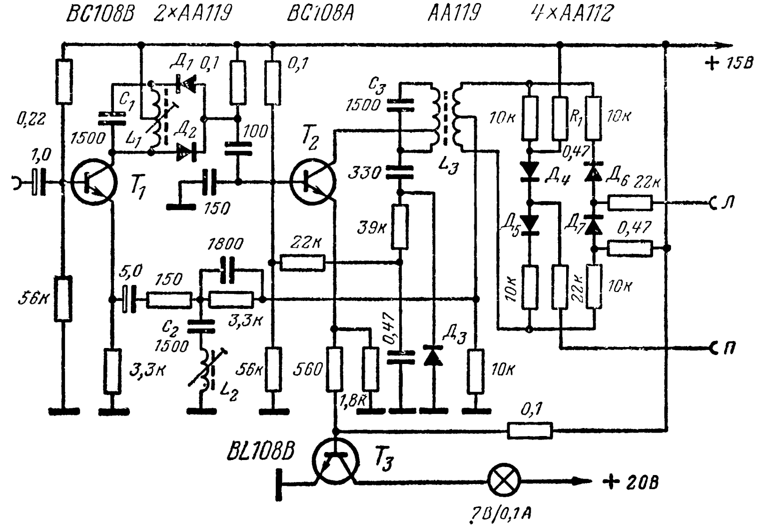


Рис. 113. Простой автоматический стереодекодер Blaupunkt.

тенциометром R_2. Число витков катушек, конструкция печатной платы и инструкция для настройки этого декодера приведены в [Л. 9].

Схема простого автоматического декодера фирмы Blaupunkt приведена на рис. 113. В декодере используются два кремниевых транзистора, один транзистор в стереоиндикаторе и семь полупроводниковых диодов. Он имеет пороговую автоматику и работает по принципу временно́го переключения. Пороговая автоматика рассчитана так, что декодер переключается на стереофонический прием приблизительно при 15 мкВ высокочастотного напряжения на выходе антенны. Переходное затухание на частоте 1 кГц лучше, чем 35 дБ. Декодер составляет с другими блоками приемника единое целое и размещен на общей печатной плате вместе с высокочастотными контурами АМ и с усилителем промежуточной частоты.

Сигнал с дробного детектора подается на базу транзистора T_1, который для комплексного стереофонического сигнала работает как эмиттерный повторитель, а для пилот-тона — как резонансный усилитель 19 кГц. Чтобы на эмиттерном сопротивлении транзистора T_1 не возникала отрицательная обратная связь, для пилот-тона включен последовательный резонансный контур L_2, C_2, настроенный на частоту 19 кГц, который шунтирует эмиттерное сопротивление для частоты пилот-тона. При этом усиление пилот-тона транзистором T_1

возрастает настолько, что за резонансным контуром L_1, C_1 в его коллекторе можно непосредственно включить удвоитель на диодах $Д_1$, $Д_2$. За удвоителем включен резонансный усилитель 38 кГц на транзисторе T_2 с резонансным контуром L_3, C_3. С обмотки связи этого резонансного контура снимается поднесущая частота для электронного переключателя $Д_4$—$Д_7$, включенного по схеме кольцевого детектора. Диод $Д_3$ выпрямляет напряжение поднесущей частоты и таким образом создает смещение, которое перемещает рабочую точку транзистора T_2 с режима С при монофоническом приеме в режим А при стереофоническом приеме. Принцип работы автоматического переключателя, пороговой автоматики и стереоиндикатора такой же, как в декодере фирмы Telefunken (рис. 112).

На рис. 114 приведена схема, а на рис. 115 общий вид автоматического декодера «8» фирмы Grundig. Он отличается очень хорошими электрическими параметрами и соответственно более сложен. Декодер работает на матричном принципе и использует шесть транзисторов и шесть германиевых диодов. Здесь идеально решено автоматическое переключение моно-стерео совместно с пороговой автоматикой. Декодер предназначен для наиболее высококачественных транзисторных приемников.

Стереофонический сигнал через контакт *1* подается на базу транзистора T_1. Для пилот-тона этот каскад работает как резонансный усилитель, для остальных сигналов — как эмиттерный повторитель. Частота пилот-тона после резонансного контура L_1, C_1 удваивается с помощью удвоителя на диодах $Д_1$, $Д_2$. Восстановленный сигнал поднесущей частоты подается на цепь, сдвигающую фазу на 90°. Эта цепь состоит из конденсатора C_{16}, делителя напряжения в базе и входного сопротивления транзистора T_2. Затем сигнал поступает на базу транзистора T_2, который работает как резонансный усилитель 38 кГц. С обмотки связи резонансного контура L_2, C_2 сигнал подается на симметричный кольцевой детектор разностного канала на диодах $Д_3$—$Д_6$. Резисторы R_{43}—R_{46} линеаризуют сопротивление диодов в прямом направлении. Боковые полосы модуляции поднесущей, которые передают разностный сигнал *Л—П*, снимаются с эмиттера транзистора T_1 и подаются на базу транзистора T_3. Транзистор T_3 работает в качестве усилителя разностного сигнала. Включенный в коллекторную цепь колебательный контур L_3, C_3, настроенный на 38 кГц, шунтирован резистором R_{36} так, чтобы он передавал боковые полосы с затуханием, соответствующим постоянной времени цепи компенсации предыскажений. Необходимая ширина полосы в данном случае составляет 6,4 кГц. Чтобы на вход усилителя разностного канала не попадали даже самые высокие гармоники суммарного сигнала, в эмиттерной цепи транзистора включен параллельный резонансный контур L_4, C_4 ($f_{рез}$ = 15 кГц), который обеспечивает в области 15 кГц сильную отрицательную обратную связь. С резонансного контура L_3, C_3 усиленные боковые полосы через обмотку связи подаются на среднюю точку кольцевого детектора. На его выходе получаются сигналы *Л—П* и —(*Л—П*), которые в матричном контуре складываются с суммарным сигналом *Л+П*, подаваемым с делителя в цепи эмиттера транзистора T_1 через резисторы R_{31} и R_{37}. Эти резисторы и конденсатор C_{23} образуют одновременно цепь компенсации предыскажений для суммарного сигнала. Правильное соотношение амплитуд суммарного и разностного сигналов в матричном контуре устанавливается потенциометрами R_{47} и R_{49}. Потенциометром R_{37} компен-

Рис. 114. Автоматический стереодекодер Grundig «8».

сируется уменьшение усиления напряжения разностного канала в тракте промежуточной частоты приемника. Потенциометры R_{47}, R_{49} и R_{37} устанавливаются так, чтобы получить наибольшее переходное затухание между каналами.

Транзисторы T_4—T_6 образуют схему автоматического переключения моно-стерео. С коллектора T_1 снимается усиленная частота

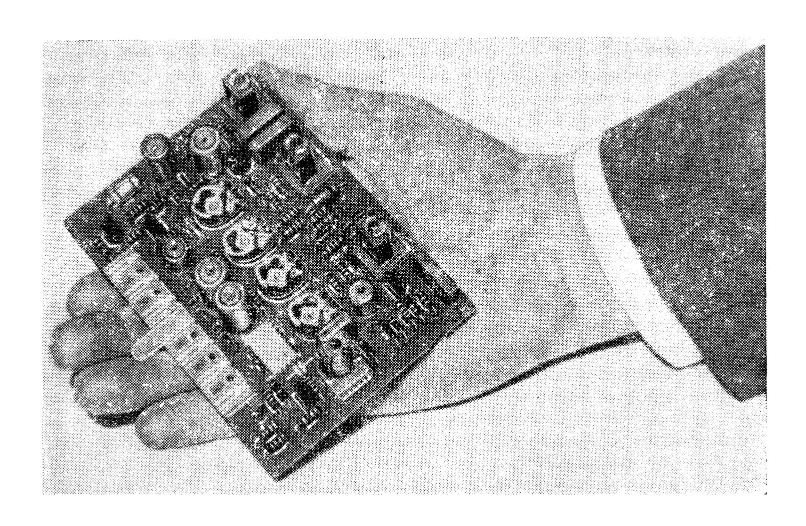


Рис. 115. Автоматический декодер Grundig «8».

пилот-тона и подается через конденсатор C_{11} на базу транзистора T_4. Транзистор T_4 работает как усилитель класса С и открывается только положительными полупериодами частоты 19 кГц, начиная с определенного уровня, который устанавливается резистором R_{18}.

Транзисторы T_5 и T_6 образуют триггер Шмидта. До тех пор, пока транзистор T_4 заперт, база транзистора T_5 получает положительное смещение. Поэтому транзистор T_5 открыт, а T_6 закрыт. При появлении сигнала пилот-тона на транзисторе T_4 мгновенно падает напряжение коллектора, что вызывает опрокидывание триггера. Транзистор T_5 оказывается закрытым, а транзистор T_6 — открытым, лампочка стереоиндикатора $Л$ зажигается.

К коллектору транзистора T_5 подключены базовые делители напряжения транзисторов T_2 и T_3. Транзистор T_5 при монофоническом приеме открыт, и его коллекторное напряжение мало (примерно 0,5 В). Транзисторы T_2 и T_3 не получают поэтому положительного базового смещения и находятся в закрытом состоянии. Следовательно, не работают усилитель поднесущей частоты и усилитель боковых полос, передающих разностный сигнал. На выход декодера попадает только чистый монофонический сигнал без увеличения шума. Как только транзистор T_5 при определенном значении напряжения пилот-тона закроется, на его коллекторе появится почти полное напряжение питания и транзисторы T_2 и T_3 полу-

чат свое нормальное рабочее базовое смещение. Тем самым декодер автоматически переключится в стереофонический режим. Чтобы переключение не было слишком быстрым, что может явиться причиной возникновения нежелательных звуков, к коллекторной цепи транзистора T_5 подключен электролитический конденсатор C_{21}. При помощи переключателя $П$ декодер можно в любое время переклю-

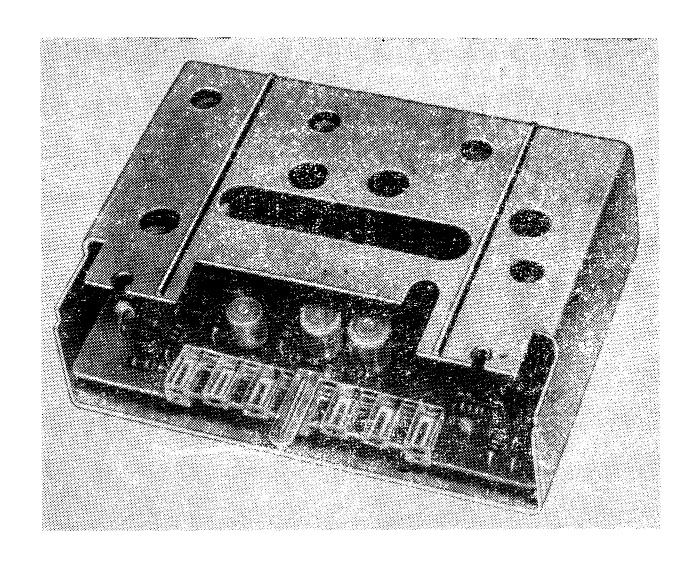


Рис. 116. Декодер Grundig «8» в кожухе, подготовленный для включения в приемник.

чить в монофонический режим подачей через резистор R_{25} положительного напряжения на базу транзистора T_5. Декодер представляет собой отдельный блок, помещенный в кожух из алюминия, и к приемнику подключается при помощи штепселя с ножевыми контактами (рис. 116).

4. СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЕ РАДИОПРИЕМНИКИ

Одновременно с появлением стереофонических радиопередач начался выпуск различных стереофонических приемников. В течение нескольких лет существования стереофонического радиовещания определилось разделение стереофонических приемников на определенные группы. Можно сказать, что стереофонические приемники должны удовлетворять обычным требованиям, предъявляемым к качеству аппаратуры Hi-Fi, из чего следует, что наиболее подходящими являются большие настольные и комфортабельные радиоприемники. С этой точки зрения более чем проблематична попытка некоторых фирм перенести стереофоническое радиовещание в область портативных приемников, как это имеет место в случае стереофо-

нической приставки к портативному приемнику Schaub — Lorenz Touring 80 или к приемнику Hitachi KH907*.

Все стереофонические радиоприемники можно разделить в зависимости от внешнего вида и назначения на настольные приемники, радиолы, тюнеры и тюнеры-усилители.

Стереофонические настольные приемники — это приемники классического типа, обычные в области монофонической техники. Это по существу приемники высшего класса, оснащенные стереофоническим декодером, двухканальным УНЧ и двумя акустическими системами. У ранее выпущенных приемников обе акустические системы находились в общем ящике с другими блоками приемника на его левой и правой сторонах. Так как такая конструкция приводит к сильному сокращению стереофонической базы, то в настоящее время настольные приемники имеют одну вынесенную акустическую систему, т. е. приемник может существовать либо как одно целое, либо вторая акустическая система выносится на некоторое расстояние **. Параметры настольных приемников обычно не превышают среднего уровня, поэтому с точки зрения стоимости они наиболее доступны. Выходная мощность усилителей низкой частоты таких приемников находится в пределах 2Х2,5—2Х8 Вт.

Стереофонические радиолы обычно содержат стереофонический приемник, акустические системы, проигрыватель, а иногда и магнитофон. Стереофонический приемник имеет средние или очень хорошие параметры; оконечные каскады УНЧ имеют, однако, большую выходную мощность (2Х10—2Х40 Вт). Настольные радиоприемники и радиолы обычно выпускаются как комбинированные приемники АМ/ЧМ, предоставляющие возможность приема в диапазоне ДВ, СВ, КВ и УКВ+УКВ стерео.

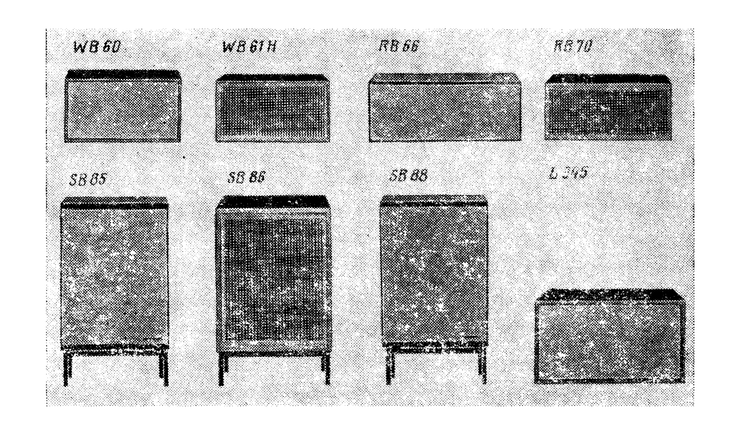
Тюнерами обычно называют стереофонические приемники, которые не содержат УНЧ. Следовательно, стереофонический тюнер состоит из высокочастотного блока, УПЧ, стереофонического декодера и вспомогательных схем. На выходе низкочастотного сигнала за детектором обычно имеется элемент согласования нагрузки (эмиттерный повторитель). Тюнер может быть предназначен для приема только в диапазоне УКВ; в этом случае он содержит только блок УКВ, УПЧ и декодер. Иногда это может быть комбинированный приемник для приема в диапазоне СВ — УКВ или в других диапазонах АМ. Тюнеры обычно используются в качестве составных элементов высококачественной аппаратуры Hi-Fi, как, например, комбинации: стереофонический тюнер — высококачественный стереофонический усилитель — проигрыватель — магнитофон. Они могут также использоваться в качестве дополнительного блока для высококачественных радиол, оснащенных только аппаратурой низкочастотного стереофонического воспроизведения.

Характерными представителями стереофонических приемников являются стереофонические тюнеры-усилители. Они возникли в начале развития стереофонического радиовещания и в настоящее вре-

*В настоящее время рациональность введения возможности стереофонического приема в некоторые переносные и даже автомобильные приемники не вызывает сомнений. (*Прим. ред.*)

** Большое распространение также получили приемники с двумя вынесенными системами (например, «Симфония-003»). (*Прим. ред.*)

мя являются распространенным типом стереофонических радиоприемников. Это по существу полный высококачественный приемник стереофонического радиовещания, не имеющий собственных громкоговорителей. К такому приемнику подключаются две внешние акустические системы в отдельных ящиках, которые могут быть по-



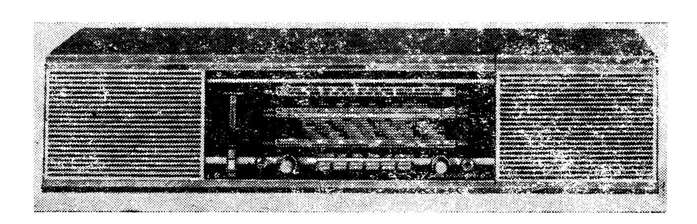


Рис. 117. Акустические системы, предназначенные для тюнеров-усилителей, и настольный стереофонический радиоприемник Schaub-Lorenz Fjord T Stereo.

ставлены или повешены в любом месте помещения так, чтобы они обеспечивали хорошее стереофоническое воспроизведение и одновременно гармонировали с его обстановкой. Приемник обычно бывает вставлен в низкий деревянный ящик, и почти всю его переднюю стенку занимает шкала с элементами регулировки. К приемнику всегда можно подобрать из нескольких акустических систем такие, которые удовлетворяют требованиям и соответствуют обстановке помещения, где будет находиться радиоприемник На рис. 117 показаны акустические системы, выпускаемые фирмой Telefunken, их параметры приведены в табл. 1. Тюнеры-усилители обычно яв-

Технические данные

Тип	W B60 W B61H	RB66	RB70
Громкоговорители	1 низкочастотный 170 мм, 1 эллиптический 75×130 мм	1 низкочастотный 203 мм, 1 эллиптический 130×180 мм	1 низкочастотный 203 мм, 1 эллиптический 130×180 мм
Объем, л	15	30	25
Номинальная мощность, Вт	15	25	25
Максимальная мощность, Вт	40	50	50
Воспроизводимая полоса частот, Гц	45—18 000	35—18 000	40—18 000
Полное сопротивление, Ом	4	4	4
Габариты, мм	470×255×165	650×250×270	530×235×260

ляются комбинированными, обеспечивающими возможность приема в диапазонах ДВ, СВ, КВ и УКВ. Выходная мощность оконечного каскада УНЧ составляет 2×10÷2×40 Вт.

Вначале выпускались стереофонические радиоприемники на лампах или же на лампах и транзисторах. У последних обычно высокочастотный блок и блок промежуточной частоты выполнялись на лампах, а УНЧ — на транзисторах, декодер выполнялся на лампах или транзисторах. Современные стереофонические радиоприемники всех типов уже только транзисторные.

Можно отметить следующие тенденции развития стереофонических радиоприемников.

Радиоприемники плоские, низкие, всю переднюю стенку занимает шкала с элементами настройки, передняя стенка из металла и стекла.

Клавишное переключение диапазонов заменяется кнопочным, кнопки обычно имеют цилиндрическую форму.

Индикация настройки осуществляется обычно с помощью стрелочного измерительного прибора, стереоиндикация — с помощью лампочки.

Таблица 1

акустических систем

S B85	S B86	S B88	L645
1 низкочастотный 300 мм, 2 эллиптических 130×180 мм	1 низкочастотный 250 мм, 2 эллиптических 130×180 мм	1 низкочастотный 300 мм, 1 эллиптический 130×180 мм, 1 эллиптический 70×130 мм, 6 высокочастотных 100 мм	1 низкочастотный 245 мм, 2 эллиптических 75×130 мм
60	70	60	42
20	50	20	45
30	65	30	75
35—20 000	25—18 000	35—20 000	25—23 000
4	4	4	4 и 16
450×805×265	440×800×360	450×805×265	642×347×270

Радиоприемники обычно имеют четыре диапазона (УКВ, КВ, СВ, ДВ), причем пытаются ограничить коротковолновый диапазон, например, только до 41—49 м или включить в качестве пятого диапазона коротковолновый диапазон 49 м. Этим облегчается настройка в КВ диапазоне, и он становится для слушателей более привлекательным.

Оконечный каскад низкочастотных усилителей радиоприемников построен без выходного трансформатора по двухтактной схеме на составных транзисторах и обычно идентичен схеме, приведенной на рис. 32.

У УНЧ уже нет кнопок «речь», «бас», «оркестр» и т. д.; вместо них у некоторых радиоприемников и прежде всего у отдельных УНЧ имеются кнопки «фильтр шума» и «фильтр громкости». Нажатием этих кнопок резко ограничивается частотная характеристика для верхних и нижних частот (сверху свыше ≈8 кГц, снизу ниже 80 Гц).

Настольные приемники. На рис. 117 показан стереофонический радиоприемник Schaub-Lorenz Fjord T Stereo в ящике современной формы из неполированного орехового дерева. Правый громкогово-

ритель помещен в отдельный ящик, который можно отделить от приемника и разместить на некотором расстоянии.

Приемник имеет четыре диапазона (УКВ, КВ, СВ, ДВ) и использует пять ламп, семь тразисторов и 10 полупроводниковых диодов. Он имеет шесть резонансных контуров для АМ, 10 для ЧМ, ферритовую антенну и встроенный диполь. Выходная мощность УНЧ составляет 2×3 Вт, габариты 673×210×165 мм, масса 8,3 кг. В каждом канале имеется только один эллиптический громкоговоритель. Естественно, имеются раздельные регулировки тембра нижних и верхних звуковых частот и стереоиндикатор.

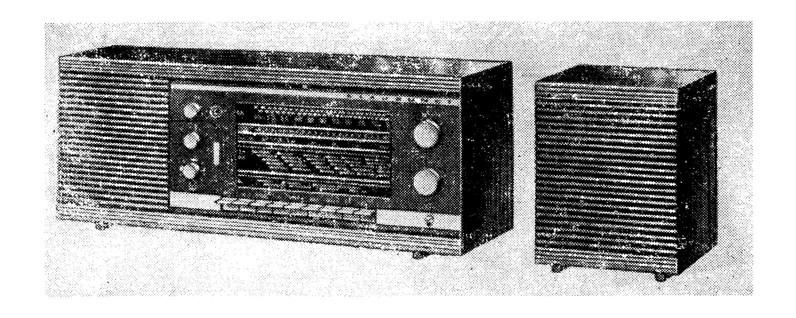


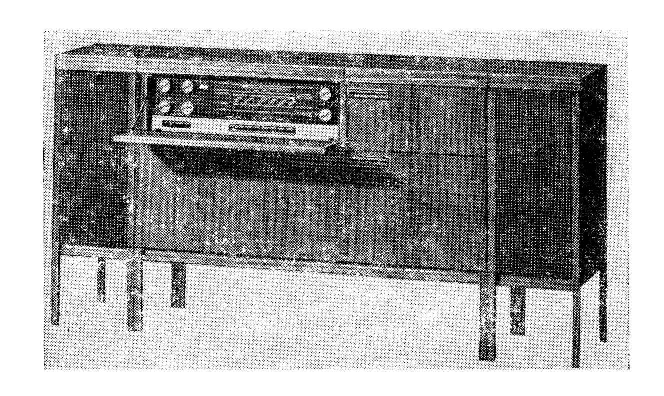
Рис. 118 Настольный транзисторный приемник Blaupunkt Granada

Настольный стереофонический радиоприемник Blaupunkt Granada своим внешним видом напоминает предыдущий приемник (рис. 118), электрическая схема его, однако, более современна. Использовано 22 транзистора (из них семь кремниевых) и 14 полупроводниковых диодов. Имеется автоматическое стереофоническое декодирующее устройство со стереоиндикатором, схема которого приведена на рис. 113. Входной блок содержит три транзистора, и его настройка осуществляется изменением индуктивности в коллекторной цепи УВЧ и в цепи гетеродина. Гетеродин и смеситель разделены. Тракт промежуточной частоты ЧМ имеет четыре каскада. За декодирующим устройством в каждом канале включен эмиттерный повторитель. Далее следует УНЧ на составных транзисторах без выходных трансформаторов. Мощность оконечного каскада составляет 2×6 Вт. Источник постоянного напряжения стабилизирован (один транзистор+один опорный диод), блок УКВ сконструирован как самостоятельный механический блок. Схема радиоприемника размещена на двух печатных платах. На первой высокочастотной плате расположены высокочастотная часть АМ, УПЧ АМ/ЧМ, декодер и эмиттерные повторители. На второй плате размещен двухканальный УНЧ (кроме оконечных транзисторов). Кнопочный переключатель диапазонов и регулирующие потенциометры со своими контактами впаяны непосредственно в печатную плату. Высокочастотная плата находится в приемнике в горизонтальном положении, низкочастотная — в вертикальном. Высокочастотная плата является конструктивным элементом и для другой

аппаратуры. Она, например, использована в радиоле «New York» и в тюнере-усилителе.

Другие параметры этого радиоприемника следующие: пять диапазонов (УКВ, ДВ, СВ, КВ, диапазон 49 м), семь резонансных контуров для АМ, 12 для ЧМ, чувствительность в диапазоне УКВ при отношении сигнал/шум 26 дБ составляет 5 мкВ. Габариты 780×240×175 мм.

Стереорадиолы. Все известные фирмы выпускают хотя бы одну стереофоническую радиолу, содержащую чаще всего стереофонический радиоприемник, проигрыватель и акустические системы, составляющие самостоятельную часть мебели.



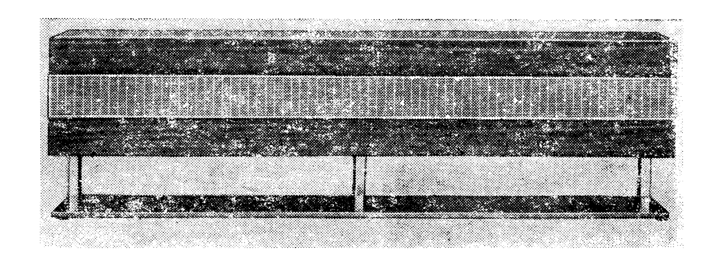


Рис. 119. Радиола Blaupunkt «New York» и акустическая система Stereotronic в современном оформлении.

На рис. 119 представлена стереофоническая радиола Blaupunkt «New York», она содержит тюнер-усилитель с выходной мощностью 2×20 Вт, две акустические системы, каждую с низкочастотным и высокочастотным громкоговорителем, стереофонический проигрыватель с корректирующим предварительным усилителем. Предусмотрено место для магнитофона и грампластинок. Габариты всего шкафа 155×85×38 см.

Одной из наиболее известных зарубежных фирм, занимающихся только производством радиол, является Stereotronic. Она производит разнообразные радиолы, состоящие всегда из акустической системы и приемника. Обе эти части представляют собой самостоятельные части мебели, гармонирующие друг с другом (рис. 119).

Акустическая система для каждого канала имеет систему из трех громкоговорителей, воспроизводящую частоты 20 Гц — 20 кГц, ее мощность составляет 40 Вт на один канал, внешние размеры зависят от исполнения, приблизительно это 190×80×50 см.

Тюнер-усилитель передвижной; с акустической системой он соединен с помощью плоского кабеля. Он состоит из тюнера с диапазонами УКВ и СВ, двухканального УНЧ и автоматического проигрывателя. Основные параметры отдельных блоков следующие.

Тюнер типа STT102: 45 кремниевых транзисторов, 27 диодов, 15 резонансных контуров для ЧМ стерео, 25 для ЧМ моно, 10 для АМ, чувствительность в ЧМ диапазоне 1 мкВ при отношении сигнал/шум 20 дБ и девиации частоты 22,5 кГц, в СВ диапазоне — 8 мкВ при отношении сигнал/шум 6 дБ, автоматическая подстройка частоты в диапазоне УКВ, четырехсекционный настроечный конденсатор для диапазона ЧМ, трехсекционный для диапазона АМ, три отдельных УПЧ для АМ, ЧМ стерео (полоса пропускания 250 кГц) и ЧМ моно (полоса пропускания 140 кГц), начало ограничения 1,4 мкВ (стерео) и 0,8 мкВ (моно), стереофонический декодер с автоматическим переключением моно-стерео (при 10 мкВ входного напряжения), стереоиндикатор. Переходное затухание 35 дБ на частоте 1 кГц, подавление пилот-тона на выходе 56 дБ, поднесущей частоты 76 дБ.

Усилитель низкой частоты STV102: девять ламп, два кремниевых диода, выходная мощность 2×25 Вт при нелинейных искажениях меньше 1% на частоте 1 кГц. Воспроизводимый диапазон частот 20 Гц — 15 кГц (∓1,5 дБ); семь входов; выходное сопротивление оконечного каскада 8 или 18 Ом; регулировка тембра на частоте 10 кГц ∓13 дБ, на нижних частотах на частоте 50 Гц ∓13 дБ; фильтр шума от 5 кГц 20 дБ/дек; выключаемая физиологическая регулировка громкости.

Проигрыватель Dual 1019; звукосниматель Shure M44M—G 20 Гц—20 кГц; отношение сигнал/шум 50 дБ.

Тюнеры. На рис. 120 изображен транзисторный тюнер Telefunken T201. Он относится к сравнительно простым и дешевым, содержит только 13 транзисторов и 12 диодов; имеет четыре диапазона (ДВ, СВ, КВ, УКВ), семь резонансных контуров для АМ, 10 для ЧМ. Блок УКВ содержит два транзистора (AF106, AF121), УПЧ имеет три каскада. В декодере нет автоматического переключения, он работает по принципу временно́го переключения каналов и имеет стереоиндикатор (лампочку). На выходе каждого канала включен эмиттерный повторитель для согласования нагрузки. Автоматическая подстройка частоты и стрелочный измерительный прибор для индикации обеспечивают правильную настройку. Коэффициент шума блока УКВ равен 4, чувствительность в ЧМ диапазоне составляет 1,2 мкВ при отношении сигнал/шум 26 дБ и при девиации частоты 40 кГц. В АМ диапазоне чувствительность равна 15 мкВ при отношении сигнал/шум 10 дБ.

Несколько интересных решений использовано в тюнере блочной конструкции «RIM UKW 1000», структурная схема которого приведена на рис. 121. Между УПЧ и декодером включена схема для подавления шума при перестройке. Эта схема подключена таким обра-

зом, что открывает входной транзистор декодера только тогда, когда напряжение на электролитическом конденсаторе дробного детектора достигает определенного значения. Другой особенностью является использование двух стрелочных измерительных приборов для индикации точной настройки. Измерительные приборы подключены

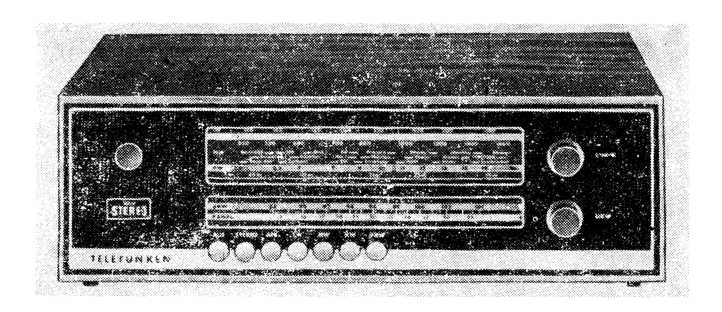


Рис. 120 Стереофонический тюнер Telefunken T201.

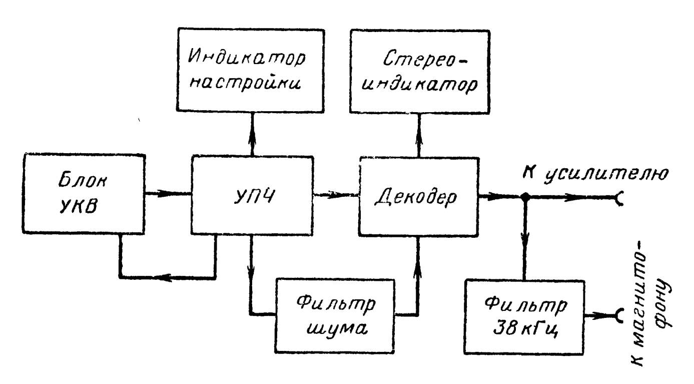


Рис. 121. Структурная схема тюнера RIM UKW1000.

к дробному детектору так же, как при настройке УПЧ. Приемник настраивается на максимум показаний одного прибора и на нулевое отклонение второго. Кроме выхода для УНЧ, тюнер имеет выход для записи на магнитофон, куда сигнал от декодера подается через фильтр 38 кГц. Этот фильтр в каждом канале состоит из избирательного фильтра типа двойного Т, эмиттерного повторителя и не содержит индуктивностей. Схема фильтра приведена на рис. 122. Максимальное подавление частоты 38 кГц устанавливается потенциометром 3,3 кОм. Основные параметры этого тюнера таковы: коэффициент шума блока УКВ равен 5, полоса пропускания УПЧ составляет 200 кГц, выходное напряжение 0,5 В. Тюнер содержит

13 резонансных контуров, 19 транзисторов и 9 диодов. Предназначен он для приема в диапазоне УКВ 87,5—108,5 МГц; имеет, естественно, автоматическую подстройку частоты.

К высококачественным устройствам относится тюнер AJ-43 D фирмы Heathkit, он содержит 25 транзисторов и девять диодов, имеет два диапазона (УКВ — 88—108 МГц; СВ — 550—1620 кГц),

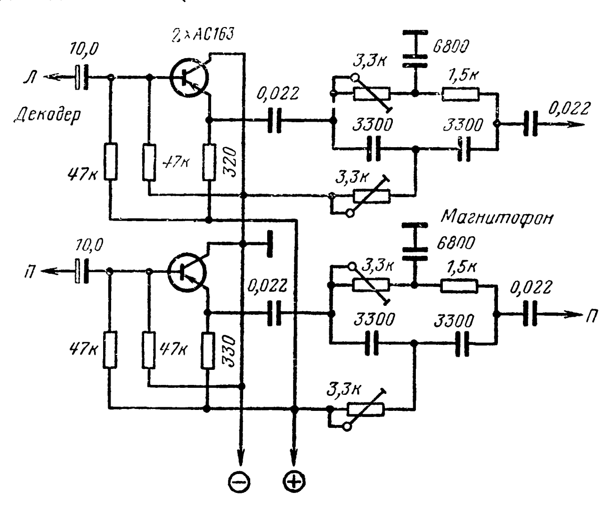


Рис. 122. Фильтр 38 кГц по схеме типа «двойного Т».

шесть резонансных контуров для АМ, 13 для ЧМ, чувствительность в ЧМ диапазоне составляет 2 мкВ при отношении сигнал/шум 30 дБ. Усилитель промежуточной частоты имеет четыре каскада. Имеется автоматическое переключение моно-стерео, автоматическая подстройка частоты, подавление шума при настройке, стереоиндикатор и стрелочный индикатор настройки. Габариты тюнера 387×127×355 мм, масса 8,2 кг.

На рис. 123 приведена структурная схема комфортабельного стереофонического тюнера Braun «CE1000». Этот тюнер содержит два нувистора (миниатюрные керамические электронные лампы), 30 транзисторов и 30 полупроводниковых диодов. Использовано большое количество автоматических схем, и из уже описанной аппаратуры он является наиболее сложным. Для уменьшения шумов и интермодуляционных искажений при больших входных сигналах блок УКВ содержит два нувистора (УВЧ+смеситель). Настройка осуществляется с помощью четырехсекционного конденсатора, а напряжение АРУ усиливается специальным усилителем на одном транзисторе. За блоком УКВ включен шестикаскадный УПЧ 10,7 МГц. С выхода четвертого каскада снимается управляющее напряжение для пороговой автоматики, с выхода пятого каскада — управляющее напряжение для схемы подавления шума и для индикатора настройки. С выхода дробного детектора низкочастотное на-

Рис. 123. Структурная схема тюнера Braun «CE 1000».

пряжение подается на декодер. Одновременно снимается управляющее напряжение для АПЧ блока УКВ. Автоматическая подстройка при прикосновении руки к кнопке настройки выключается. Кнопка настройки представляет собой емкостный датчик, реагирующий на наведенное на руку напряжение (от электрической сети), которое усиливается четырехкаскадным транзисторным усилителем и используется для замыкания накоротко схемы АПЧ и приведения в действие схемы бесшумной настройки. Схема бесшумной настройки при этом автоматически снижает уровень низкочастотного сигнала на 20 дБ, что обеспечивает устранение нежелательных звуков и искаженного воспроизведения при настройке. Схема бесшумной настройки связана со схемой подавления шумов между радиостанциями и автоматически ослабляет выходной низкочастотный сигнал, как только уровень входного высокочастотного сигнала становится меньше определенного порогового значения (примерно 5 мкВ).

Декодер имеет автоматическое переключение моно-стерео, пороговую автоматику и стереоиндикатор. За декодером включены фильтры частоты 38 кГц и предварительные УНЧ с низким выходным сопротивлением. При монофоническом приеме и при приеме АМ декодер работает как предварительный УНЧ. Остальные технические параметры следующие: четыре диапазона (УКВ, КВ, СВ, ДВ), 10 резонансных контуров для АМ, 17 для ЧМ, чувствительность в диапазоне УКВ при отношении сигнал/шум 30 дБ и девиации частоты 40 кГц составляет 0,9 мкВ, начало ограничения при входном напряжении 1 мкВ. Диапазоны переключаются с помощью электромагнитов.

Тюнеры-усилители. На современном этапе развития стереофонического радиовещания этот тип стереоприемников является наиболее распространенным. Поэтому перечень, приведенный далее, более богат, чем у предыдущих типов радиоприемников.

К тюнерам-усилителям, использующим лампы и транзисторы, относятся типы LO40 и LO50 фирмы Loewe-Opta. Высокочастотные схемы и схемы промежуточной частоты этих приемников построены на лампах, УНЧ на транзисторах. У обоих типов использовано автоматическое декодирующее устройство «52941», которое уже было подробно описано (см. рис. 109). Усилитель промежуточной частоты ЧМ имеет три каскада, ширина полосы пропускания составляет 170 кГц, блок УКВ имеет АПЧ частоты гетеродина. Индикация настройки и стереоиндикация осуществляются с помощью комбинированного индикатора настройки ЕММ803. Усилитель низкой частоты питается от стабилизированного источника питания 30 В. Стабилизированный источник питания содержит три транзистора, опорный диод и мостовой выпрямитель (рис. 124). Усилитель низкой частоты содержит в каждом канале по семь транзисторов, и схема его сравнительно проста и экономична. Входное сопротивление этого усилителя велико (500 кОм); выходная мощность 2×12 Вт при нелинейных искажениях меньше 1%, 2×20 Вт при искажениях 10%; полоса пропускания 40 Гц — 16 кГц ∓1 дБ; входная чувствительность при 50 мВт выходной мощности составляет 10 мВ; нагрузочное сопротивление 4 Ом. Схема одного канала усилителя приведена на рис. 125 Схема оконечного каскада аналогична схеме на рис. 32. Перед ним включен двухкаскадный предварительный усилитель с большим входным сопротивлением. Регулировка тембра верхних частот включена в обратную связь оконечного каскада, регулировка тембра нижних частот находится на входе усилителя. Имеется трех-

ступенчатая физиологическая регулировка громкости, регулировка тембра с помощью связанных потенциометров, балансировка каналов простым потенциометром. Питающее напряжение 12 В для предварительного усилителя стабилизировано еще одним опорным диодом. Оба радиоприемника имеют четыре диапазона (УКВ, КВ, СВ, ДВ) и содержат пять ламп, 22 транзистора и 14 диодов

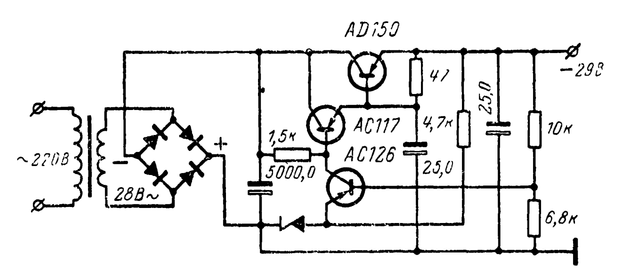


Рис. 124. Схема стабилизированного источника постоянного напряжения для приемника Loewe-Opta.

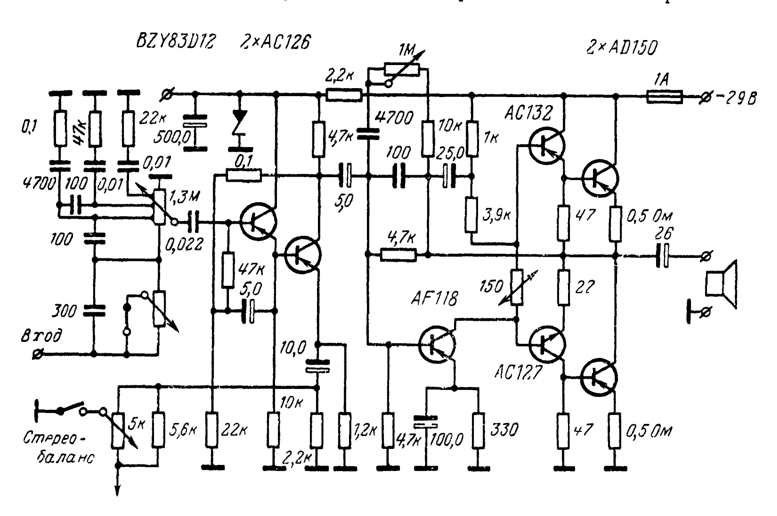


Рис. 125. Схема одного канала УНЧ радиоприемника LO-40.

На рис. 126 изображен тюнер-усилитель Concertino Hi-Fi, Telefunken выпуска 1968 г. У приемника четыре диапазона, 11 резонансных контуров для ЧМ, семь для АМ, 28 транзисторов и 22 диода. Блок УКВ перестраивается с помощью варикапов; коэффициент шума равен 4. Усилитель промежуточной частоты ЧМ имеет три каскада, полоса пропускания составляет 170 кГц, начало ограничения с 6 мкВ. Декодер работает по принципу временно́го переключения и не имеет автоматического переключения моно-стерео. Выходная мощность УНЧ 2×10 Вт при нелинейных искажениях меньше 1%;

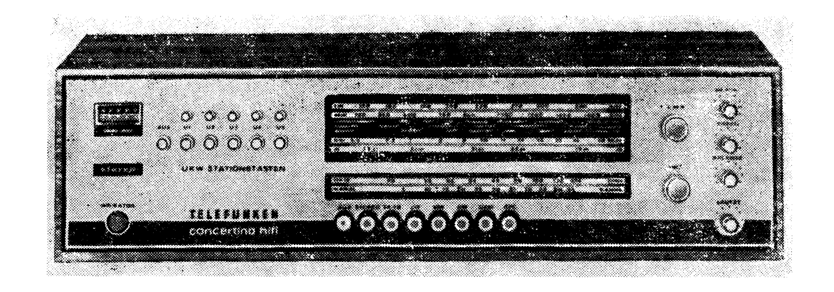


Рис. 126. Транзисторный тюнер-усилитель Telefunken Concertino Hi—Fi.

Рис. 127. Схема УКВ блока и блока настройки в диапазоне УКВ приемника Concertino Hi—Fi.

частотная характеристика 20 Гц — 20 кГц∓1 дБ. Приемник имеет АПЧ в диапазоне УКВ; индикация настройки и стереоиндикация осуществляются с помощью лампочек.

Особенностью этого радиоприемника является блок УКВ с электронной настройкой и фиксированной настройкой на пять радиостанций. Часть схемы этих цепей приведена на рис. 127. Система

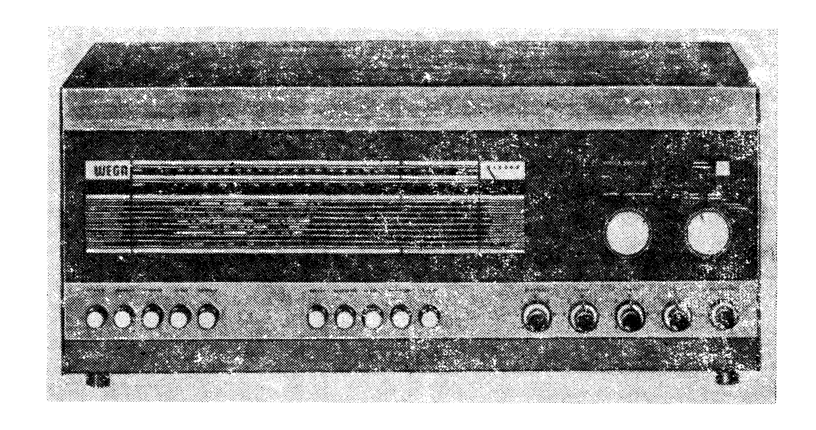


Рис. 128. Тюнер-усилитель Wega 3110 Hi—Fi (выходная мощность 2×40 Вт при нелинейных искажениях 0,45%).

кнопок для выбора радиостанций расположена в верхней левой части радиоприемника (рис. 126); под каждой из пяти кнопок находятся ручки потенциометров, с помощью которых выбирается любая радиостанция в диапазоне УКВ. Частоту настройки при этом показывает стрелочный измерительный прибор, отградуированный в мегагерцах. С помощью шестой кнопки (AUS) выключается схема фиксированной настройки и включается обзорный диапазон УКВ. Естественно, что и в данном случае настройка осуществляется не при помощи конденсатора переменной емкости, а потенциометром R_1, который механически связан со стрелкой шкалы диапазона УКВ.

Интересную схему имеет тюнер-усилитель Wega «3110 Hi-Fi» (рис. 128). Приемник содержит 63 транзистора и 21 полупроводниковый диод. Блок УКВ построен на полевых транзисторах (рис. 129). Преимуществами, которые дает использование этих транзисторов, являются прежде всего малый коэффициент шума, устранение многократного приема мощных местных передатчиков и хорошая регулировочная характеристика. Гетеродин построен на обычном транзисторе T_3 (*p-n-p*), транзистор T_4 является усилителем напряжения АРУ, которое снимается с выхода блока УКВ после выпрямления напряжения промежуточной частоты диодом $Д_2$. Благодаря такому блоку УКВ чувствительность приемника равна 1,2 мкВ при отношении сигнал/шум 26 дБ и девиации частоты 15 кГц. Радиоприемник имеет АПЧ, автоматическое переключение моно-стерео, отключа-

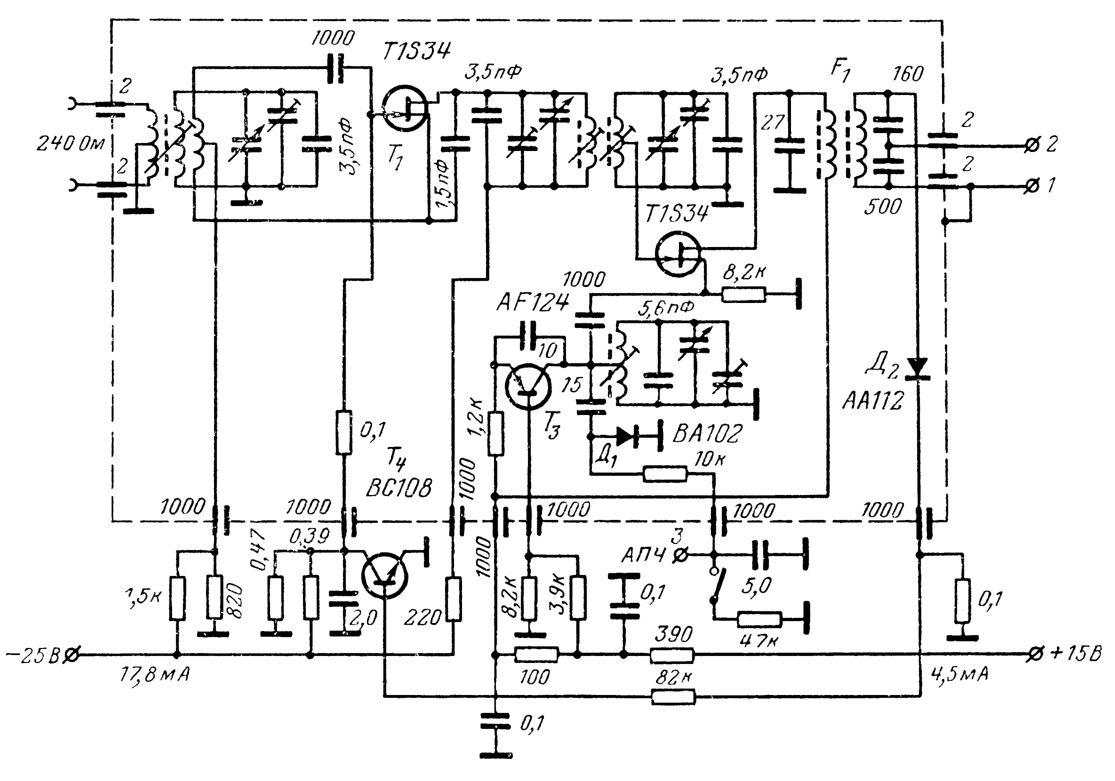


Рис. 129. УКВ блок на полевых транзисторах (Wega).

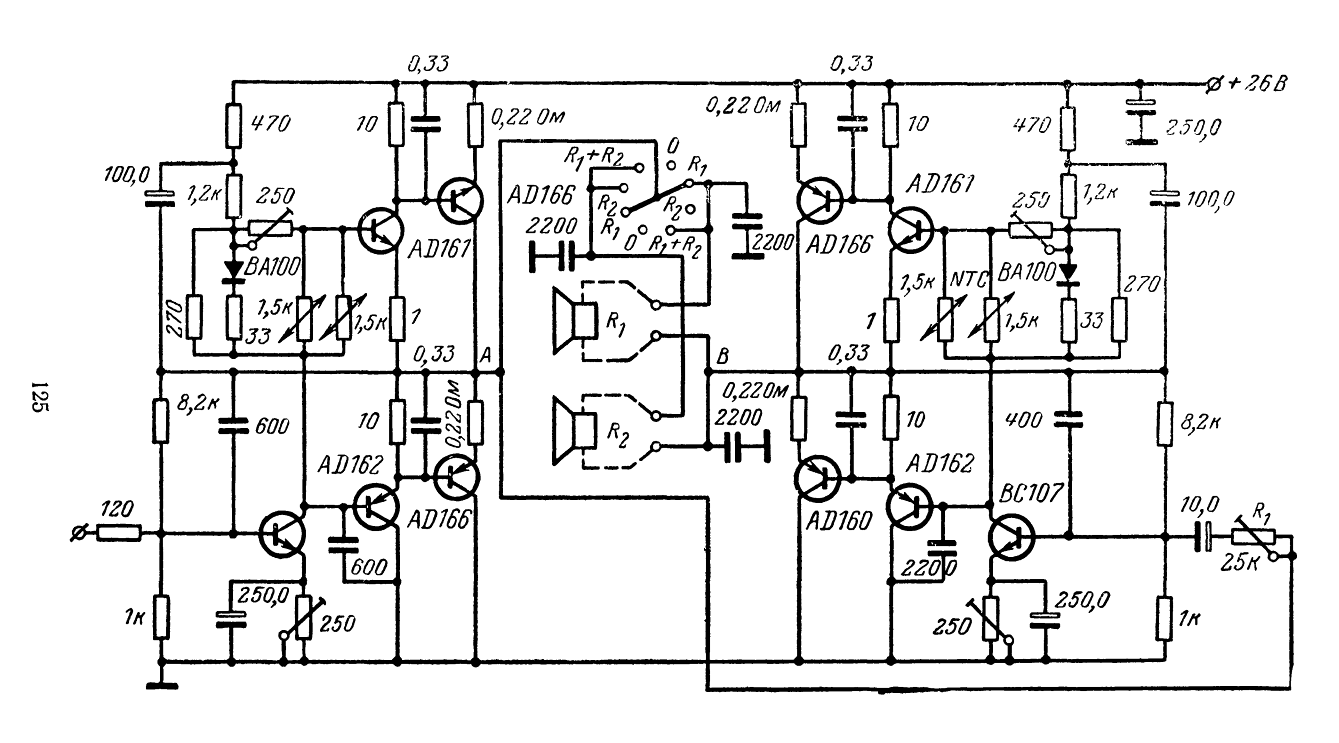


Рис. 130 Мостовая схема оконечного каскада 40 Вт (Wega).

емую схему автоматического подавления шумов (при входном напряжении, меньшем 10 мкВ, запирается последний каскад УПЧ), фильтр шума и УНЧ с выходной мощностью 2×40 Вт.

Схема оконечного каскада УНЧ для одного канала приведена на рис. 130. Оконечный каскад работает по мостовой схеме и состоит из двух самостоятельных оконечных каскадов без выходного транс-

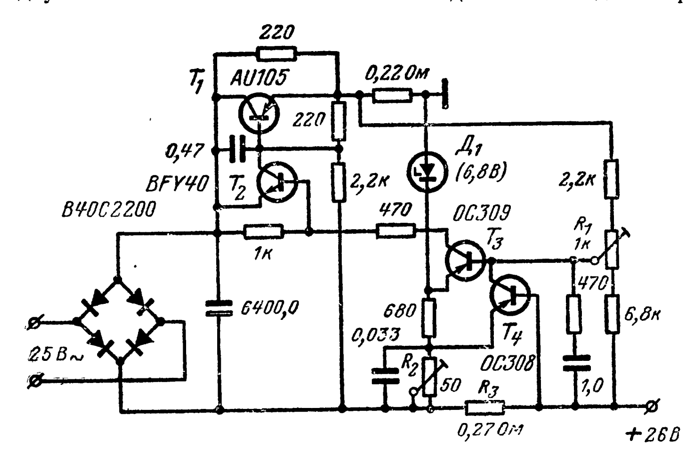


Рис. 131. Схема стабилизированного источника постоянного напряжения с электронным предохранителем (Wega).

форматора. На один из двух усилителей подается низкочастотное напряжение с предварительного усилителя, на вход второго усилителя подается сигнал с выхода первого усилителя через переменное сопротивление R_1 таким образом, что его напряжение имеет ту же величину, но сдвинуто на 180°. Поэтому между точками *A* и *B* возникает напряжение, в 2 раза большее по сравнению с простой схемой, что и позволяет получать теоретически четырехкратную выходную мощность. Акустическая система подключается непосредственно к точкам *A* и *B*, без разделительного конденсатора, так как эти точки имеют одинаковый постоянный потенциал.

Радиоприемник имеет три самостоятельных стабилизированных источника постоянного напряжения, два для питания оконечных каскадов и третий — для остальных блоков приемника. Источники для оконечных каскадов создают напряжение 26 В/3 А и имеют электронное ограничение максимального тока на заданное значение (3 А). Схема источника питания для одного канала оконечного каскада приведена на рис. 131 Транзисторы T_1—T_3 с опорным диодом $Д_1$ образуют обычный стабилизированный источник, выходное напряжение можно регулировать с помощью потенциометра R_1. Транзистор T_4 работает в качестве электронного предохранителя. При малых токах он закрыт. Как только ток возрастет и падение напряжения на резисторе R_3 превысит определенное значение, транзистор T_4 открывается и запирает транзистор T_1 (через транзисторы T_2 и T_3) на время перегрузки по току. Это означает, что ток ограничи-

вается до значения, которое можно установить при помощи сопротивления R_2.

Интересным и очень современным внешним оформлением отличается радиоприемник Schaub-Lorenz «Stereo4000» (рис. 132). Высота его составляет всего лишь 8 см, и поэтому на передней панели расположены только управляющие элементы, а шкала размещена

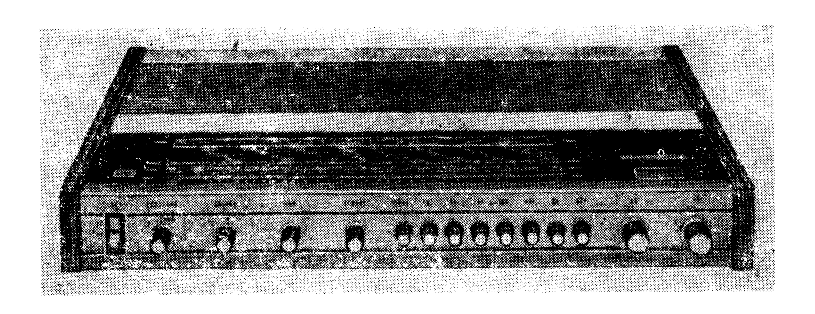


Рис. 132. Современный тюнер-усилитель Schaub-Lorenz «Stereo 4000».

в передней части верхней плоскости. Приемник содержит 29 транзисторов (из них 16 кремниевых) и 17 диодов; имеет четыре диапазона (КВ, СВ, ДВ, УКВ), 15 резонансных контуров для ЧМ, семь для АМ. Коротковолновый диапазон ограничен частотами 5,8—8 МГц, т. е. перекрывает диапазон 41—49 м. Приемник имеет АПЧ в диапазоне УКВ, автоматическое переключение моно-стерео и стереоиндикатор. Входная чувствительность в диапазоне УКВ составляет 1,5 мкВ при отношении сигнал/шум 20 дБ, ограничение начинается при 5 мкВ. Усилитель промежуточной частоты ЧМ имеет четыре каскада; у приемника есть самостоятельные УПЧ для АМ и для ЧМ. Выходная мощность оконечного каскада УНЧ составляет 2×15 Вт при нелинейных искажениях 1%. Масса приемника 7 кг, общие габариты 545×80×280 мм.

К наилучшим, но и к самым дорогим радиоприемникам относится тюнер-усилитель Heathkit AR-15 (рис. 133). Блок УКВ этого приемника содержит четырехсекционный конденсатор настройки, двухкаскадный предварительный УВЧ; каскады усилителя и смеситель построены на полевых транзисторах. Усилитель промежуточной частоты содержит две интегральные схемы (каждая из них заменяет 10 транзисторов, 11 резисторов и семь диодов); резонансные *LC*-контуры 10,7 МГц заменены двумя широкополосными кристаллическими фильтрами. Оконечный каскад УНЧ содержит кремниевые транзисторы и имеет выходную мощность без использования выходных трансформаторов 2×50 Вт. От перегрузки он защищен двумя предохранителями, об отключении которых сигнализирует лампочка на передней панели радиоприемника. Для индикации настройки использованы два стрелочных измерительных прибора (максимум и середина *S*-кривой). Приемник имеет очень хорошие технические параметры и потому они приведены более подробно.

Общие данные: 69 транзисторов, 43 диода, две интегральные схемы, два диапазона (СВ 535—1620 кГц; УКВ 88—108 МГц), автоматическое подавление шумов, АПЧ, автоматическое переключение моно-стерео, на задней стенке три дополнительные розетки 220 В (для проигрывателя, магнитофона и т. д.), габариты 429×122×369 мм, масса 14 кг.

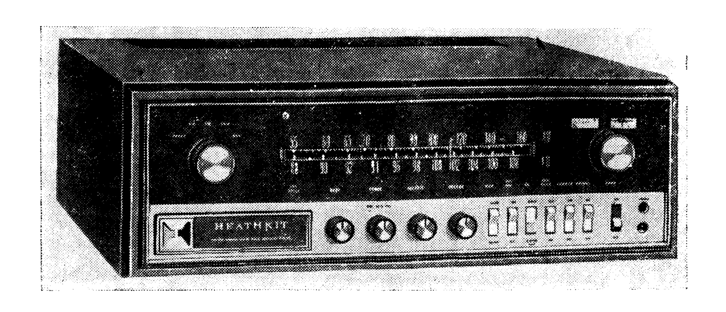


Рис. 133. Высококачественный тюнер-усилитель Heathkit AR-15.

Высокочастотный блок ЧМ: входное сопротивление 240—300 Ом или несимметричный вход 75 Ом, чувствительность 1,8 мкВ, избирательность 70 дБ, избирательность по зеркальному каналу 90 дБ, подавление промежуточной частоты 90 дБ, подавление АМ 50 дБ, нелинейные искажения меньше 0,5%, частотная характеристика 20 Гц—15 кГц∓1 дБ, отношение сигнал/шум 70 дБ, промежуточная частота 10,7 МГц.

Декодер: переходное затухание между каналами лучше 40 дБ, частотная характеристика 20 Гц — 15 кГц∓1 дБ, искажения меньше 1% на частоте 1 кГц при 100%-ной модуляции, подавление частоты пилот-тона и поднесущей частоты лучше, чем 45 дБ.

Усилитель низкой частоты: синусоидальная выходная мощность 2×50 Вт (музыкальная мощность 2×75 Вт), выходное сопротивление 4,8 или 16 Ом, частотная характеристика, измеряемая при выходной мощности 1 Вт, 5 Гц — 50 кГц∓1 дБ, 2 Гц — 80 кГц∓3 дБ, нелинейные искажения при выходной мощности 50 Вт на частоте 1 кГц 0,2%; в полосе частот 20 Гц — 20 кГц — меньше 0,5%, отношение сигнал/шум 80 дБ, переходное затухание между каналами 60 дБ. Входы: электромагнитный звукосниматель 2,2 мВ/47 кОм (возможна перегрузка до 150 мВ), пьезоэлектрический звукосниматель 200 мВ/100 кОм (до 4,5 В), гнездо для магнитофона 170 мВ/100 Ом, одно запасное гнездо 220 мВ/100 кОм.

В заключение данной главы приведем более подробное описание первого чехословацкого тюнера-усилителя TESLA 538A Stereodirigent, внешний вид которого показан на рис. 134, а внутреннее оформление на рис. 135. Схема радиоприемника приведена на рис. 136.

Радиоприемник 538A Stereodirigent является современным тюнером-усилителем с четырьмя диапазонами, который предназначен для приема амплитудно- и частотно-модулированного сигнала и стерео-

фонического радиовещания. Он содержит семь ламп, два транзистора и восемь диодов, имеет раздельные регулировки тембра на верхних и нижних частотах. Переключение диапазонов и рода работы (стерео, ширина полосы, АПЧ, речь) осуществляется с помощью кнопок, имеется отключаемая ферритовая антенна для приема ДВ и СВ, встроенный диполь для УКВ, гнездо для подключения про-

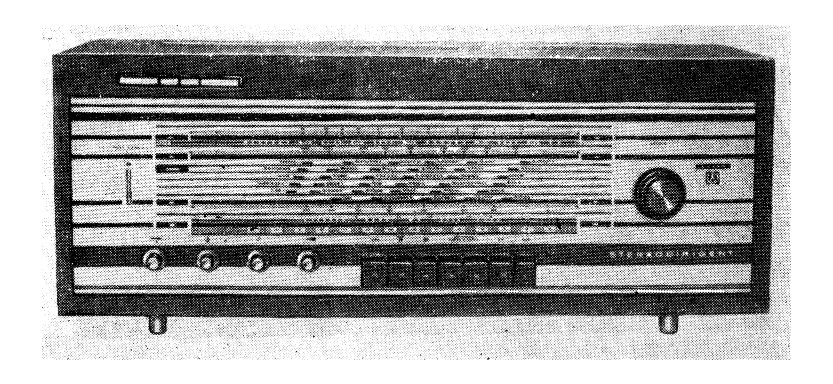


Рис. 134. Чехословацкий тюнер-усилитель TESLA 538A Stereodirigent.

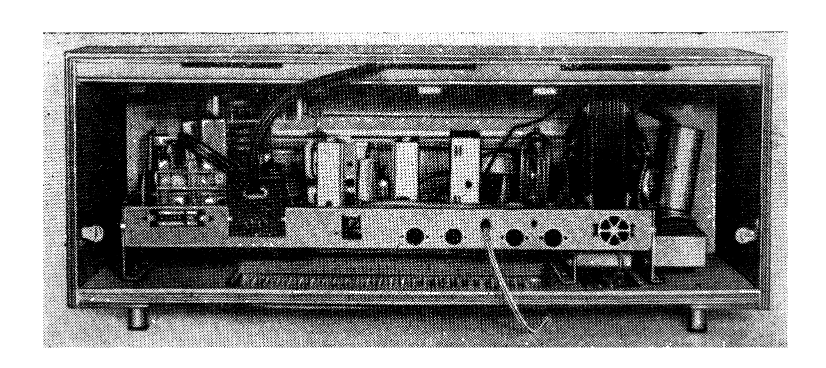


Рис. 135. Вид приемника 538A без задней стенки.

игрывателя и магнитофона (моно или стерео), физиологическая регулировка громкости, оптический электронный индикатор настройки и стереоиндикатор, АРУ и АПЧ гетеродина.

При приеме ЧМ радиовещания и стереофонического радиовещания в диапазоне УКВ сигнал с антенны поступает на симметричный входной контур 240—300 Ом. Первый триод лампы $Л_1$ работает в качестве УВЧ с заземленной сеткой. Входной контур широкополос-

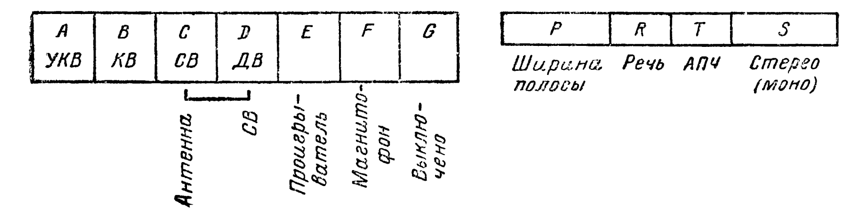
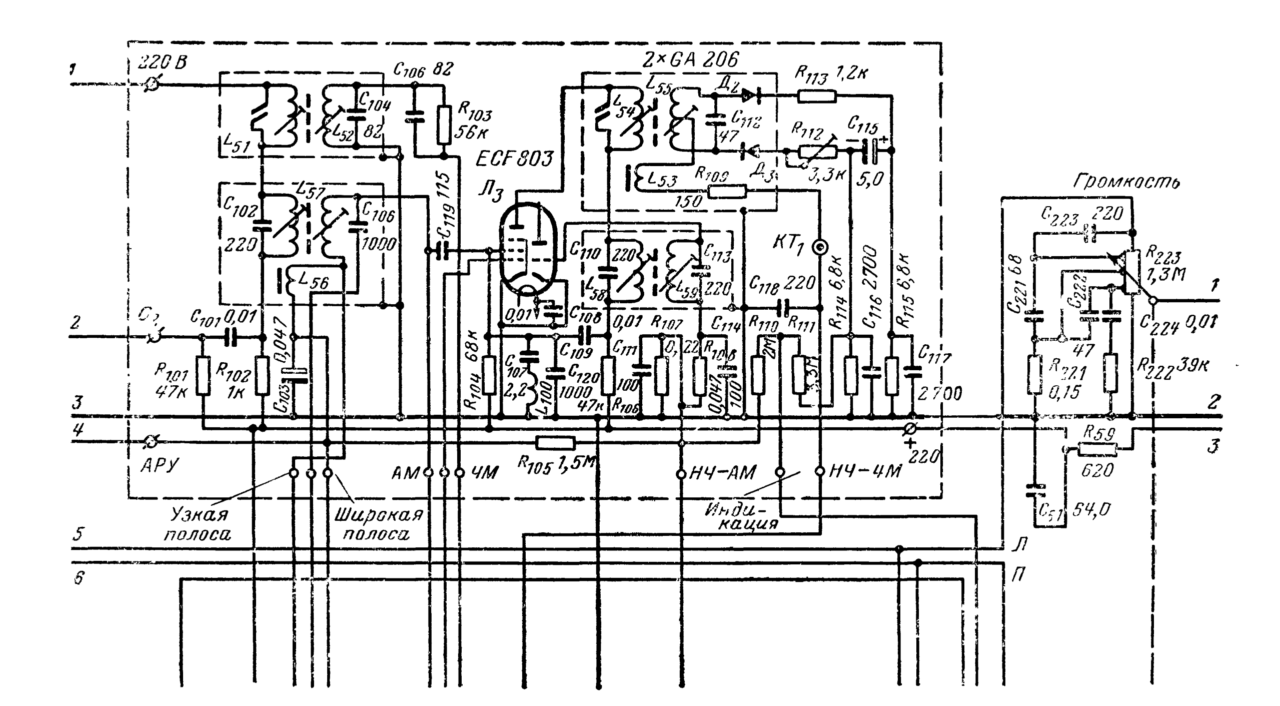


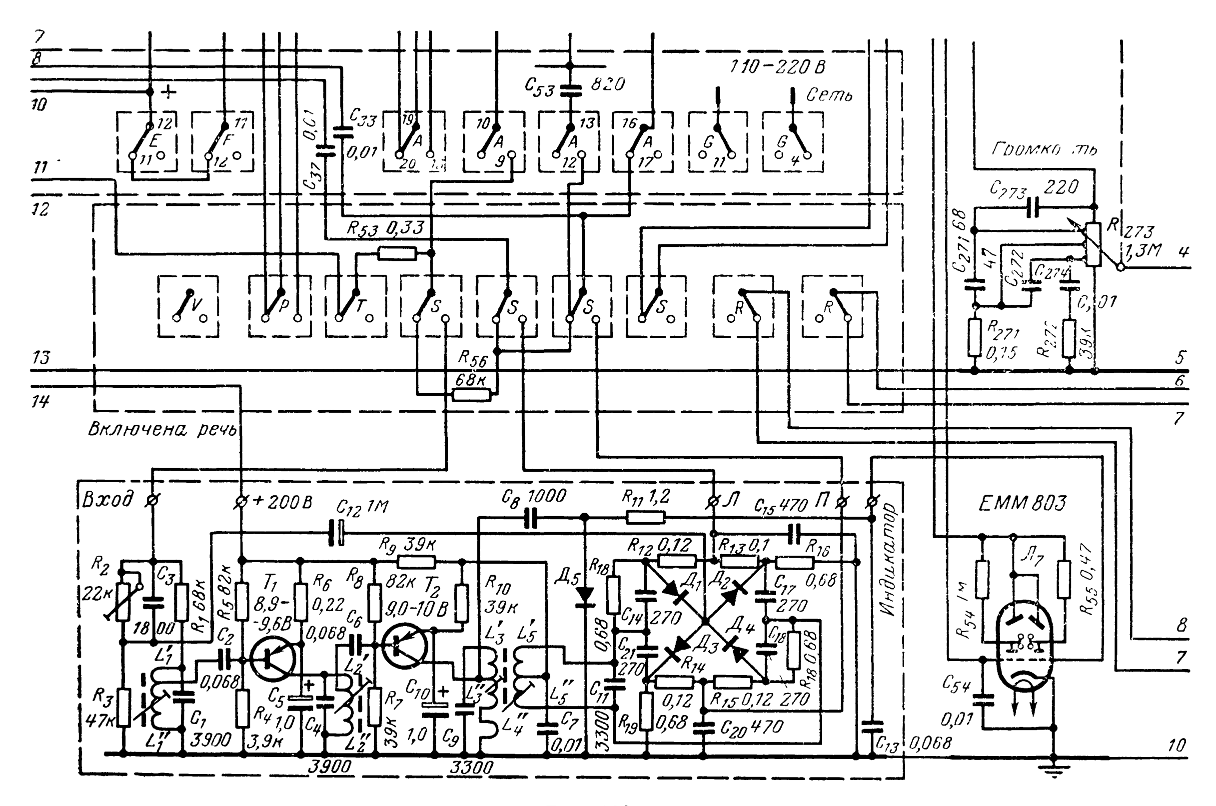
Рис. 136. Схема приемника 538A Stereodirigent.

Блок УКВ -АПЧ

C_{35} 12
C_{15} 27
L_{34} L_{35}
ECC85
$Л_{1a}$
L_{31}
L_{32}
C_9 15
C_{17} 0,5-4
C_{14} 12
$Л_1$
L_{5a} $L_{5б}$
L_{33} 8,2 пФ
C_{11}
5-30
C_{12} 8,2 пФ
C_8
C_{18} 10
C_{19} 120
C_{61} 6800
C_{12} 6800
$Л_2$ ECH81
C_{26} 220
C_1 470 L_4
L_1
L_2
$Д_1$
BA102
C_{34} 50,0
R_{14} 0,1
R_1 270
C_7 1500
R_{12} 0,1
C_{32} 4700
R_{13} 0,22
C_{10} 1500
R_3 560
R_4 0,1
R_5 22к
АПЧ
ПЧ
R_7 0,1
C_{25} 4700
R_{10} 47к
1
2
3
4

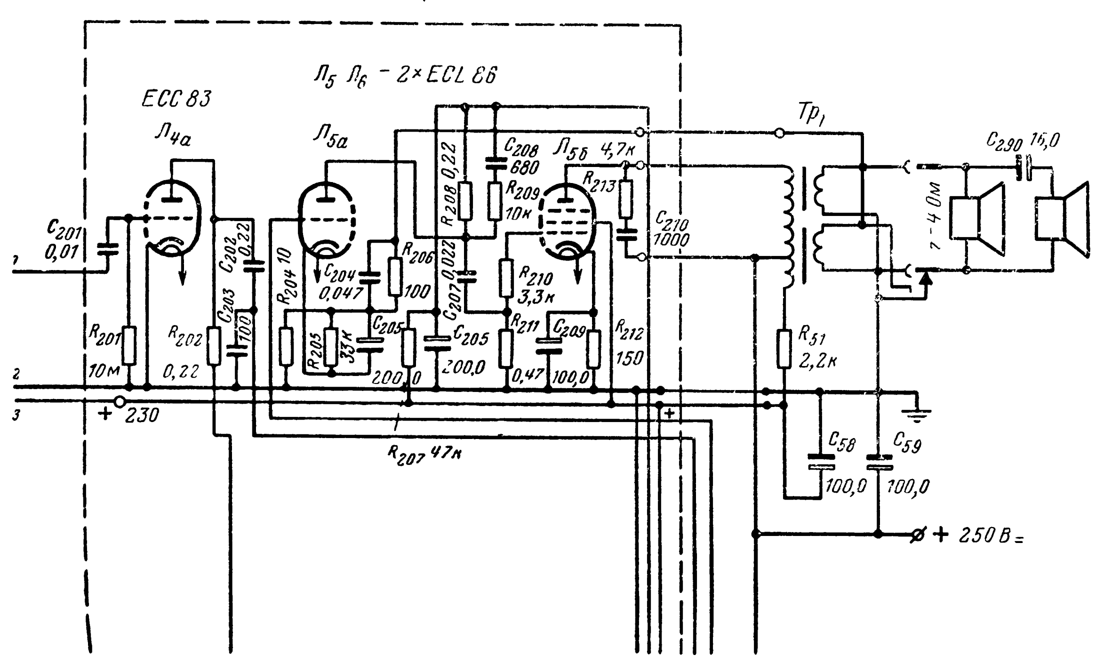


220 В
2×GA 206
ECF 803
Л3
КТ1
Громкость
АРУ
АМ
ЧМ
НЧ–АМ
НЧ–ЧМ
Узкая полоса
Широкая полоса
Инди-кация
Л
П
R105 1,5M
R113 1,2к
R103 56к
R104 68к
R101 47к
R102 1к
R223 1,3M
R222 39к
R221 0,15
R59 620
C51 54,0
C224 0,01
C223 220
C106 82
C104 82
C115 5,0



110-220 В
Сеть
Громкость
Включена речь
Вход
+200 В
Индикатор
ЕММ 803

Рис. 136.


Блок НЧ-стерео
Л5 Л6 – 2×ECL 86
ECC 83
Л4а
Л5а
Л5б
Тр1
C201 0,01
R201 10м
R202 0,22
C202 0,22
C203 100
R204 10
C204 0,047
R203 33к
C205 200,0
R206 100
C207 0,022
C205 200,0
R208 0,22
C208 680
R209 10к
R210 3,3к
R211 0,47
C209 100,0
R212 150
R213 4,7к
C210 1000
R207 47к
R51 2,2к
C58 100,0
C59 100,0
C290 16,0
7-4 Ом
+ 230
+ 250 В=
1
2
3

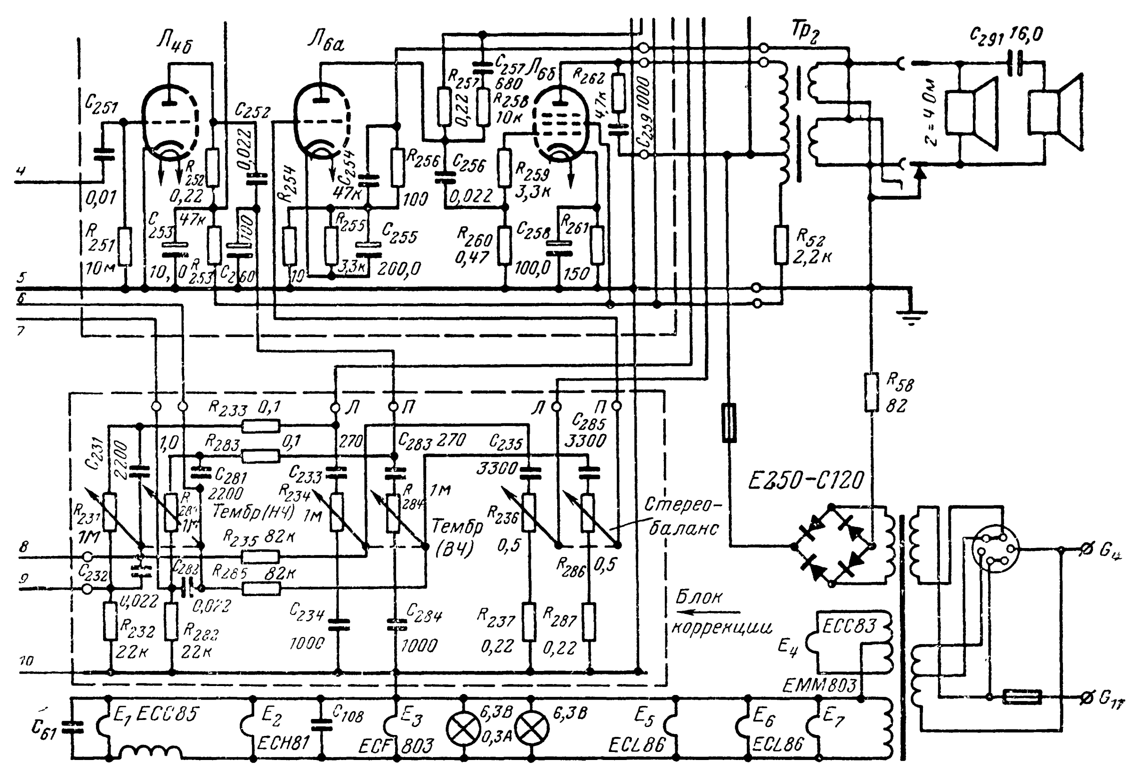


Рис. 136.

ный и настроен на середину принимаемого диапазона. В анодной цепи УВЧ в качестве нагрузки включен резонансный контур L_{31}, C_9, который перестраивается в пределах диапазона изменением индуктивности. Связь со вторым триодом $Л_{1б}$, работающим в качестве смесителя, мостовая, емкостная, гетеродин перенастраивается изменением индуктивности L_{32}. В анодной цепи второго триода лампы $Л_1$ включен первый трансформатор промежуточной частоты 10,7 МГц. Гетеродин блока УКВ имеет АПЧ, осуществляемую с помощью варикапа $Д_1$ Схема включения автоматической настройки несколько отличается от обычных схем.

Постоянное управляющее напряжение с выхода дробного детектора подается не прямо на варикап, а через разделяющие резисторы R_{53} и R_{12} на сетку триода УВЧ блока УКВ. Как только из-за неточной настройки создается постоянное напряжение на выходе дробного детектора, рабочая точка триода $Л_{1a}$ смещается. Его катодный ток либо возрастает, либо уменьшается. При этом возрастает или уменьшается падение напряжения на катодном резисторе R_1. Это изменение напряжения поступает через разделительный резистор R_{14} на варикап $Д_1$, который через конденсатор C_{35} подключен параллельно резонансному контуру гетеродина. Изменение напряжения на диоде влечет за собой и изменение его емкости, которое в свою очередь вызывает подстройку гетеродина точно на принимаемую частоту. Диапазон работы этой подстройки лежит в пределах ∓300 кГц; кнопкой «АПЧ» автоматическую подстройку можно отключить. Рекомендуется осуществлять настройку с отключенной автоматической подстройкой и только потом включать АПЧ. Этим устраняется субъективная ошибка неточной настройки и временная нестабильность частоты гетеродина, обусловленная изменением напряжения и температуры.

Гептод лампы $Л_2$ работает в качестве первого каскада УПЧ, пентод лампы $Л_3$ — в качестве второго каскада УПЧ и ограничителя амплитуды. В анодной цепи ограничителя включен дробный детектор. С выхода дробного детектора низкочастотный сигнал подается через переключатель моно-стерео либо на вход декодера, либо через цепь компенсации предыскажений R_{56}, C_{53} на параллельно подключенные входы УНЧ обоих кналов.

Стереофонический декодер типа TSD3A построен на транзисторах (стр. 90)

Двухканальный УНЧ размещен на отдельной плате и для каждого канала имеет три каскада На входе включен сдвоенный потенциометр физиологической трехступенчатой регулировки громкости $R_{223}R_{273}$. Корректировка тембра и схема стереобаланса включены между первым и вторым каскадом предварительного усилителя низкой частоты. Оконечный каскад каждого канала построен на пентоде ламп ECL86, использование простого оконечного каскада при водит, к сожалению, к большим искажениям при относительно малой выходной мощности.

Настройка и стереоиндикация осуществляются с помощью комбинированного индикатора настройки EMM803.

С механической точки зрения приемник Stereodirigent представляет модульную конструкцию, прототипом которой в некоторой мере является конструкция монофонического приемника TESLA 536A Teslaton. Отдельными конструктивными элементами приемника являются блок УКВ, контуры с кнопками переключения, печатная плата УПЧ, декодер, печатная плата УНЧ.

Технические параметры· четыре диапазона (КВ, СВ, ДВ, УКВ), шесть резонансных контуров для АМ, восемь для ЧМ, промежуточная частота 468 кГц для АМ, 10,7 МГц для ЧМ Чувствительность по высокой частоте в диапазоне УКВ 3 мкВ при отношении сигнал/шум 26 дБ при девиации частоты 15 кГц, в диапазоне КВ 50 мкВ, в диапазоне СВ 35 мкВ, в диапазоне ДВ 35 мкВ (все данные при отношении сигнал/шум 10 дБ) Чувствительность по низкой частоте 15 мВ при выходной мощности 50 мВт, выходная мощность 2×2,5 Вт при искажениях меньше 10%. Используемые лампы и транзисторы: ECC85, ECH81, ECF83, ECC83, 2×ECL86, EMM803, 2××OC170.

НАСТРОЙКА СТЕРЕОФОНИЧЕСКИХ РАДИОПРИЕМНИКОВ

1. СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЕ ГЕНЕРАТОРЫ

Введение. При введении стереофонического радиовещания необходимо использовать новые типы измерительных приборов как для производства, так и для ремонта стереофонических приемников Для настройки стереофонических декодеров и радиовещательных приемников в целом необходимо иметь стандартный стереофонический сигнал (КСС), имеющий такой вид, который наиболее удобен для настройки (чаще всего это модуляция гармоническим сигналом 1 кГц в одном, потом в другом канале) Необходимые варианты КСС определяются инструкцией для настройки декодера.

Стереофонические передатчики передают так называемые стереофонические тесты, которые содержат варианты КСС, необходимые для настройки декодера, но эти тесты имеют малую продолжительность и поэтому не могут быть использованы в условиях ремонтных мастерских и заводов Единственным подходящим устройством в данном случае является генератор КСС, иначе называемый стереокодером. Как показала практика, кроме возможности создания необходимых вариантов КСС, стереокодер должен содержать и высокочастотный генератор (работающий в диапазоне УКВ), который частотно модулирован КСС. Это дает возможность настраивать и проверять стереофонические приемники вместе со схемой высокой и промежуточной частоты и тем самым устранить влияние этих схем на правильную работу декодера

Стереофонический декодер, встроенный в приемник, всегда необходимо настраивать и проверять с помощью высокочастотного сигнала со стереокодера, сигнал подается на антенный вход приемника Низкочастотный КСС используется только для настройки декодера или при поиске неисправностей отдельных каскадов декодера

Стереокодер должен удовлетворять следующим требованиям:

1 Стабильность пилот-тона 19 кГц±2 Гц

2 Амплитуда пилот-тона 8—10% от максимальной амплитуды КСС

3. Подавление поднесущей частоты 38 кГц не менее 40 дБ (макс. 1% амплитуды КСС).

4 Частота поднесущей должна быть жестко связана с частотой пилот-тона в соответствии со стандартом

5. Стереокодер должен обеспечивать возможность образования следующих вариантов КСС: а) низкочастотный сигнал только в левом или только в правом канале, б) смена сигналов в каналах,

в) пилот-тон с возможностью отключения; г) одинаковый сигнал в обоих каналах в фазе (выход *Л+П*); д) на оба канала подается одинаковый сигнал в противофазе (выход *Л—П*); е) внешняя модуляция в левом или в правом канале; ж) внешняя модуляция в обоих каналах.

6. Переходное затухание между каналами должно быть больше 40 дБ.

7. Должна иметься модуляция сигналом от внутреннего генератора частотой 1 кГц.

8. Внутренний генератор должен переключаться на частоты в области 50—100 Гц и 5—10 кГц (в общем две-три частоты).

9. Высокочастотный генератор стереокодера, настроенный на одну частоту внутри диапазона УКВ, должен иметь возможность перестройки примерно на ±1 МГц (для исключения влияния помех, создаваемых передатчиками) и должен давать выходное напряжение около 10 мВ, причем желательно иметь возможность уменьшить его с помощью выходного делителя напряжения примерно до 10 мкВ.

10. Должна иметься возможность плавной регулировки выхода КСС в пределах 0—6 В (пик — пик).

11. Стереокодер должен также иметь отдельный выход пилот-тона (примерно 0,3 В), выход модуляции из генератора *RC* и встроенный измерительный прибор для контроля амплитуды КСС, девиации частоты и амплитуды пилот-тона.

Некоторые стереокодеры позволяют осуществлять частотную модуляцию генератора УКВ сетевым напряжением 50 Гц и тем самым вести настройку и проверку резонансной кривой контуров высокой и промежуточной частоты приемника с помощью осциллографа.

Стереокодер может иметь различную степень сложности, которая определяет его стоимость, а главное качество, стабильность параметров и способность выполнить большее или меньшее число указанных требований. Каждый стереокодер должен, однако, удовлетворять хотя бы требованиям, приведенным в пп. 1—4, 5 «а», 6, 7, 10.

Стереокодеры, предназначенные для ремонта и настройки стереофонических приемников, работают на том же принципе, как и кодеры, используемые для получения КСС в ЧМ передатчиках.

Кодированный стереофонический сигнал системы с подавленной поднесущей частотой можно получить двумя способами, а именно: временны́м переключением или в матричных схемах с балансным модулятором Поэтому стереокодеры по принципу действия можно разделить на кодеры с временны́м переключением и матричные кодеры.

Структурная схема кодера, использующего принцип временно́го переключения, приведена на рис. 137. Центральной частью этого кодера является электронный переключатель (обычно кольцевой или перекрестный модулятор на транзисторах или диодах), который переключает на выходной усилитель с частотой 38 кГц поочередно сигнал левого и правого каналов. Важной частью устройства является кварцевый генератор пилот-тона 19 кГц; путем удвоения частоты пилот-тона получается частота 38 кГц, которая используется для переключения.

Специальный переключатель позволяет подключить сигнал встроенного генератора низкой частоты либо в правый, либо в левый канал, либо подключить на входные усилители модуляцию от внешнего источника или, наконец, осуществить другие эксплуатационные варианты. Входные усилители для правого и левого каналов построены симметрично и имеют горизонтальную амплитудно-частот-

ную характеристику в пределах от 50 Гц до 15 кГц, в которую обычно можно включить цепь предыскажений. После электронного переключателя кодированный сигнал усиливается, и к нему добавляется частота 19 кГц. Через ФНЧ, устраняющий высшие гармоники частоты переключения, КСС подается на выходной усилитель, а затем через плавно регулируемый делитель напряжения на выходные зажимы. Прибор содержит также высокочастотный генератор, работающий на частоте примерно 70 МГц (для стандарта МККА при-

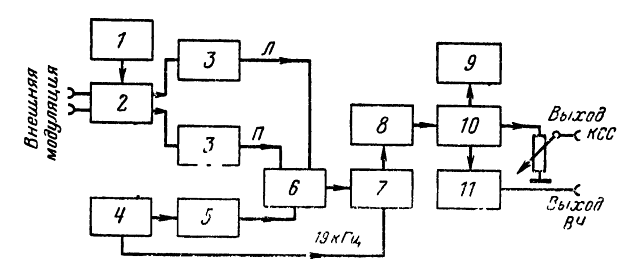


Рис. 137. Структурная схема кодера, работающего по принципу временнóго переключения.

1 — *RC*-генератор (1 кГц); *2* — переключатель вида работы; *3* — входные усилители *Л* и *П*; *4* — генератор 19 кГц; *5* — удвоитель частоты; *6* — переключатель; *7* — усилитель; *8* — фильтр; *9* — измерение; *10* — выходной усилитель *11* — ЧМ генератор

мерно 95 МГц), который модулируется по частоте КСС. Для установки девиации частоты и контроля уровня низкочастотного стереофонического сигнала кодер иногда содержит вольтметр, которым можно также контролировать соблюдение необходимого уровня пилот-тона.

На рис. 138 приведена структурная схема стереокодера матричного типа. Основными частями такого кодера являются матричная схема, в которой из сигналов левого и правого каналов образуются суммарный сигнал *Л*+*П* и разностный сигнал *Л*—*П*, и модулятор,

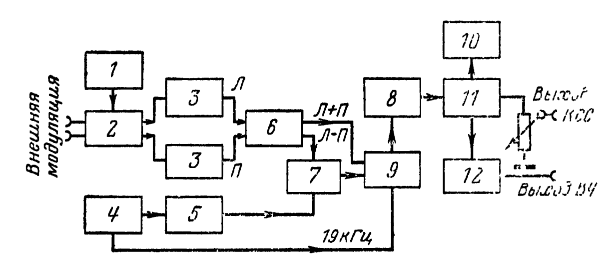


Рис. 138. Структурная схема матричного кодера.

1 — *RC*-генератор (1 кГц); *2* — переключатель вида работы; *3* — входные усилители *Л* и *П*; *4* — генератор 19 кГц; *5* — удвоитель частоты; *6* — матричная схема; *7* — модулятор; *8* — фильтр, *9* — усилитель; *10* — измерение, *11* — выходной усилитель; *12* — ЧМ генератор

в котором разностным сигналом *Л—П* модулируется поднесущая частота 38 кГц. Этот модулятор включен так, что он подавляет поднесущую частоту (например, кольцевой модулятор), и на его выходе поэтому появляются уже только боковые полосы модуляции. К полученным таким образом боковым полосам разностного сигнала добавляется суммарный сигнал и пилот-тон. Остальные элементы матричного кодера остаются такими же, как у кодера с временным переключением Матричный кодер является более сложным с точки зрения конструкции, но при тщательном исполнении можно получить лучшие параметры Он содержит меньше высших гармоник поднесущей частоты, так что в нем могут быть использованы более простые ФНЧ перед выходным усилителем

Схемы стереокодеров Как только в Европе началось стереофоническое радиовещание и приняли модифицированную американскую

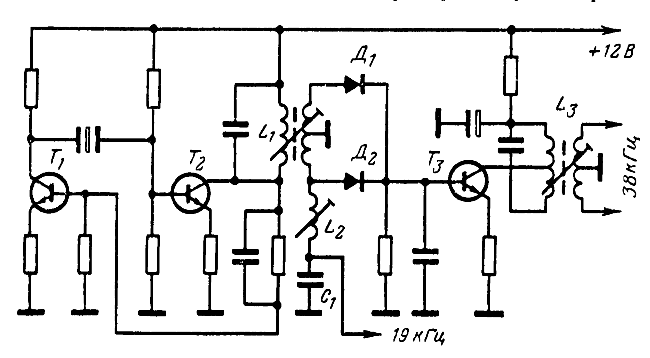


Рис 139. Схема генератора 19 и 38 кГц.

систему FCC в качестве общеевропейского стандарта, все известные фирмы (выпускающие радиоприемники или измерительные приборы) разработали или выпустили свой собственный тип стереокодера Некоторые фирмы подчеркивали максимальную простоту и низкую цену своего кодера (кодер для технического обслуживания), другие, наоборот, сосредоточили свое внимание на решении, обеспечивающем отличные параметры и высокую стабильность, естественно, за счет сложности и высокой цены (измерительные кодеры). Таким образом, встречаются стереофонические кодеры, использующие 6 или 12 ламп, в транзисторном варианте 9—26 транзисторов.

В большинстве случаев выпускаются кодеры на транзисторах, работающие на принципе временного переключения. Поэтому в дальнейшем будут более подробно описаны схемы кодера, соответствующего структурной схеме, приведенной на рис. 49

Генератор 19 и 38 кГц Поскольку для частоты пилот-тона требуется стабильность ∓2 Гц, т. е. приблизительно 10^{-4}, то должен быть использован кварцевый генератор. Это создает определенные затруднения при столь низкой частоте, и требуются специальные дорогостоящие и большие кристаллы. Поэтому в некоторых схемах используется кварцевый генератор, работающий на частоте 76 кГц; поднесущая частота и пилот-тон получаются двукратным делением.

Несмотря на это, самым распространенным все же является кварцевый генератор 19 кГц Поднесущая частота при этом создается с помощью диодного или транзисторного умножителя частоты Типичная схема генератора 19 кГц и удвоителя 38 кГц приведена на рис. 139. Генератор 19 кГц на двух транзисторах напоминает мультивибратор, в одной из цепей обратной связи которого включен кварцевый резонатор 19 кГц Пилот-тон снимается с коллектора второго транзистора с резонансного контура L_1 и подается на удвоитель на диодах $Д_1$ и $Д_2$ Таким образом, на базу транзистора T_3 подаются только положительные полуволны частоты пилот-тона, и с резонансного контура L_3, включенного в его коллекторную цепь, можно снимать уже удвоенную частоту 38 кГц, т е. сигнал поднесущей частоты, или же сигнал переключения. Пилот-тон 19 кГц снимается со вторичной обмотки L_1 через фильтр нижних частот L_2, C_1,

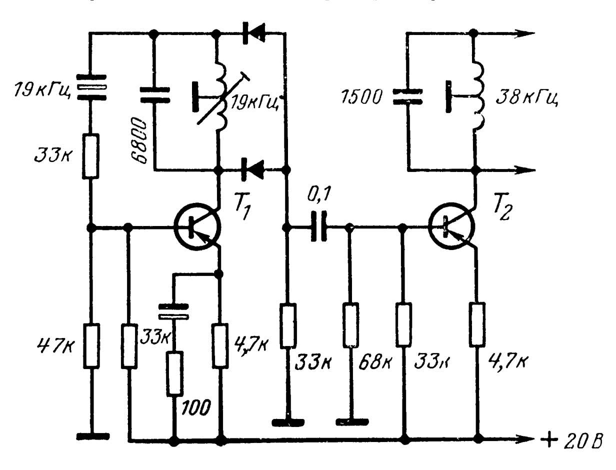


Рис. 140. Генератор 19 и 38 кГц на двух транзисторах.

с помощью которого можно скорректировать фазу пилот-тона и тем самым обеспечить ее правильное значение в окончательном кодированном сигнале.

Другая схема генератора 19 кГц и удвоителя приведена на рис. 140. В этой схеме использован генератор на одном транзисторе с кварцевым резонатором, который включен в цепь положительной обратной связи. Пилот-тон можно снимать таким же способом, как на рис 139, или через разделительный усилитель

Схема, использующая кварцевый генератор 76 кГц, показана на рис. 141. Кварцевый генератор содержит транзистор T_1 Сигнал 76 кГц снимается с его коллектора и подается на первую двоичную ячейку (триггер) на транзисторах T_2 и T_3. Ячейка работает как делитель частоты, получаемый симметричный прямоугольный сигнал 38 кГц снимается с резисторов в коллекторных цепях и используется далее в электронном переключателе. Чтобы получить частоту пилот-тона, используется еще один такой же триггер на транзисторах

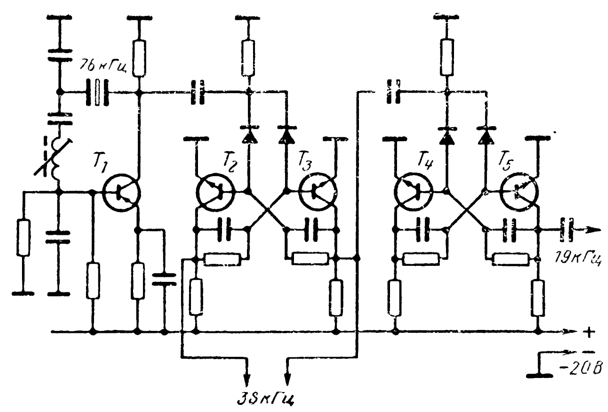


Рис. 141. Получение частот 19 и 38 кГц путем деления частоты основного кварцевого генератора 76 кГц.

T_4 и T_5. Сигнал 19 кГц, снимаемый с выхода триггера, содержит большой процент гармоник, и перед последующим использованием его необходимо отфильтровать.

Внутренний *RC*-генератор. В качестве внутреннего источника низкочастотного модулирующего сигнала обычно используется *RC*- или *LC*-генератор, так как здесь не предъявляют жестких

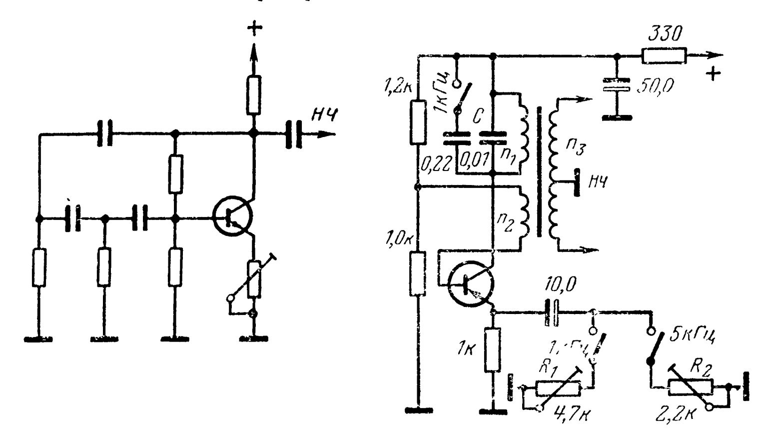


Рис. 142. Простой *RC*-генератор.

Рис. 143. Низкочастотный *LC*-генератор 1 и 5 кГц.

требований к стабильности частоты. Генератор может быть настроен на одну фиксированную частоту, или переключаться на две—три частоты, или, наконец, для получения двух частот могут быть использованы два самостоятельных генератора. Иногда, кроме встроенного генератора, который можно переключать, например, на 1 и 5 кГц,

используется также модуляция сетевым напряжением, и тем самым получается третья модуляционная частота (50 Гц).

Схема самого простого *RC*-генератора, пригодного для целей модуляции, приведена на рис. 142. Обратную связь в генераторе образует *RC*-звено, которое создает фазовый сдвиг 180° на требуемой частоте, а тем самым и положительную обратную связь. Коэффициент этой положительной обратной связи можно регулировать с помощью потенциометра в эмиттерной цепи.

На рис 143 приведена схема низкочастотного *RC*-генератора, работающего на двух частотах. Дополнительным его преимуществом является то, что с него можно снимать два одинаковых напряжения в противофазе, т. е. подавать на оба стереофонических канала одинаковое низкочастотное напряжение в фазе или противофазе Частота генератора регулируется изменением емкости резонансного *LC*-контура в коллекторной цепи. Одинаковая величина амплитуды устанавливается с помощью резисторов R_1, R_2 в эмиттерной цепи.

Индуктивность катушки в коллекторной цепи этой схемы определяется выражением

$$L = \frac{1}{(2\pi f)^2 (C + C_{\text{вых}})},$$

где $C_{\text{вых}}$ — выходная емкость транзистора.

Входной усилитель. Входной усилитель имеет один или два канала в зависимости от типа кодера. Одноканальный усилитель простых кодеров обычно бывает однокаскадным и служит по существу для согласования нагрузки электронного переключателя или модулятора и низкочастотного генератора. Его схема приведена на рис. 144. Это фактически эмиттерный повторитель с увеличенным входным сопротивлением.

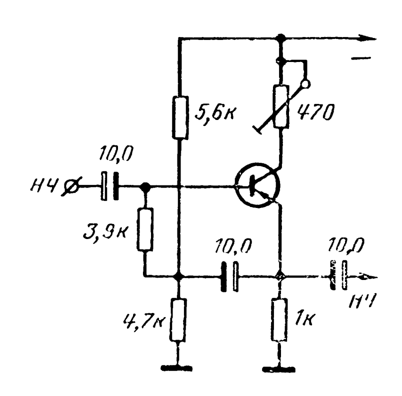


Рис. 144. Входной усилитель, включенный по схеме эмиттерного повторителя.

У более сложных кодеров, обеспечивающих одновременную модуляцию в обоих каналах, используется многокаскадный симметричный входной усилитель, который может, например, иметь схему, представленную на рис. 145. Усилитель для каждого канала использует три транзистора и отличается большим входным и малым выходным сопротивлениями. Частотная характеристика в диапазоне 30 Гц — 15 кГц линейна; с помощью переключателя можно, однако, включить цепь предыскажений с постоянной времени 50 мкс и тем самым создать условия, как в ЧМ передатчике

Осталось объяснить функцию потенциометров R_1, R_2.

Известно, что сигнал, полученный путем временнóго переключения, отличается от стереофонического сигнала коэффициентом $4/\pi$ у разностного сигнала, т е разностный сигнал в $4/\pi$ раз больше,

и это необходимо компенсировать. В описанной схеме усилителя компенсация осуществляется предварительным искажением входного напряжения так, что часть напряжения одного канала подается через потенциометр во второй канал.

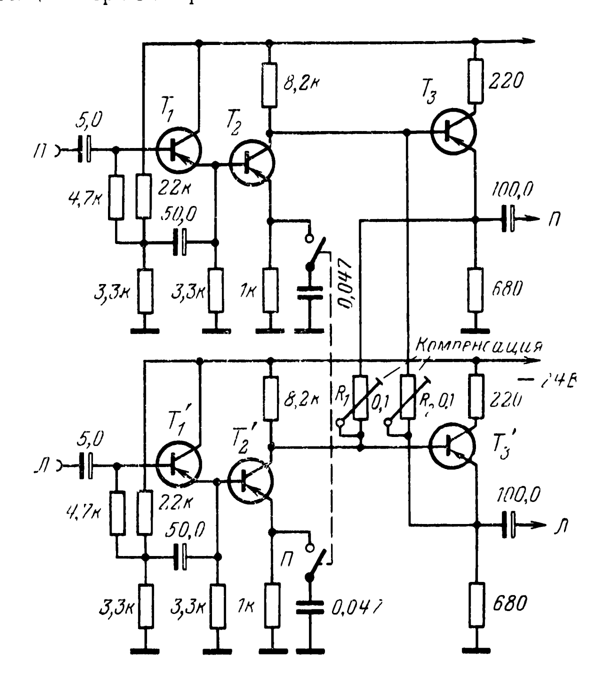


Рис. 145. Полная схема двухканального входного усилителя с переключателем предыскажений и с компенсацией разностного сигнала.

Электронный переключатель Основным элементом каждого стереокодера с временным переключением является электронный переключатель, который с частотой переключения 38 кГц поочередно подключает на выход сигнал правого и левого каналов. От свойств и качества выполнения этого переключателя в значительной мере зависят наиболее важные параметры кодера. Электронный переключатель может быть включающим (рис. 146, *а*) или закорачивающим (рис 146, *б*), у которого сигнал каждого канала поочередно закорачивается на землю На практике используются оба типа переключателей. Закорачивающий переключатель имеет несколько меньшую эффективность из-за наличия разделительных резисторов. Схемы электронных переключателей, применяемых на практике, представлены на рис 147—150

На рис. 147 изображен простой мостовой переключатель на четырех транзисторах Преимуществом этого переключателя является прежде всего совершенное отделение переключающей цепи от цепей

модулирующих напряжений. В схеме должны быть использованы идентичные по параметрам транзисторы или проведено симметрирование с помощью потенциометров Недостатком переключателя является высокая стоимость

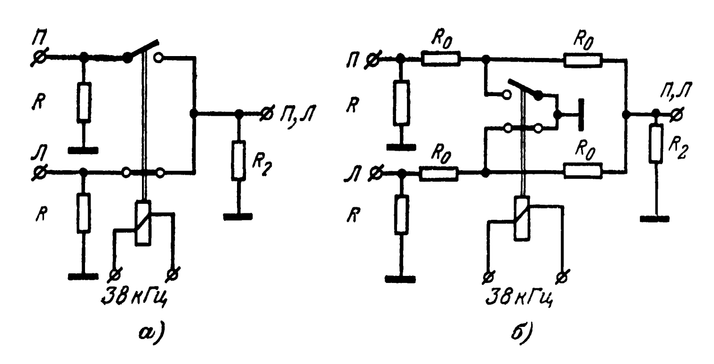


Рис 146. Принцип получения КСС путем временно́го переключения.

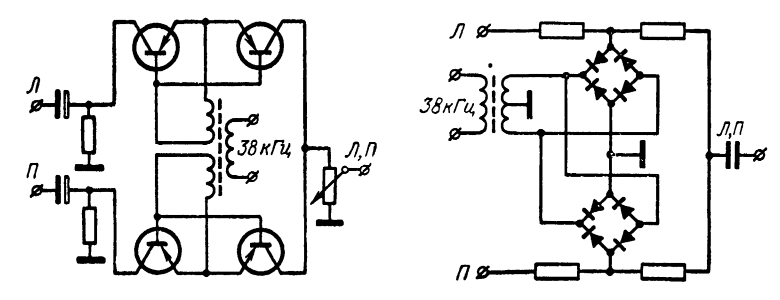


Рис. 147. Электронный переключатель включающего типа на четырех транзисторах

Рис. 148. Закорачивающий переключатель с двойным мостом на диодах.

На рис 148 представлен закорачивающий переключатель, который выполнен на двух четверках диодов, включенных в мост Диоды необходимо объединять в пары, кроме того, нужно использовать параллельно подключенные выравнивающие резисторы и симметрирующие потенциометры.

На рис 149 изображен закорачивающий переключатель, включенный, как кольцевой модулятор. Количество диодов в 2 раза меньше, чем у предыдущей схемы. Однако регулировка здесь является более сложной.

На рис 150 приведен переключатель включающего типа, собранный по схеме перекрестного модулятора Потенциометры R_1. R_2 предназначены для выравнивания разбаланса характеристик используемых диодов и разницы значений резисторов моста Под действием

сигнала переключения 38 кГц поочередно открываются диоды $Д_1$, $Д_2$ или $Д_3$, $Д_4$. Тем самым сигнал одного канала подключается через резистор $R/2$ на выход, в то время как второй канал отделен большим сопротивлением $R_0+R/2$ (это устройство было запатентовано в Чехословакии под № 110127).

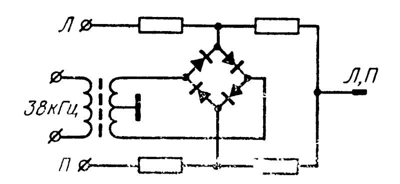


Рис. 149. Кольцевой модулятор в качестве закорачивающего электронного переключателя.

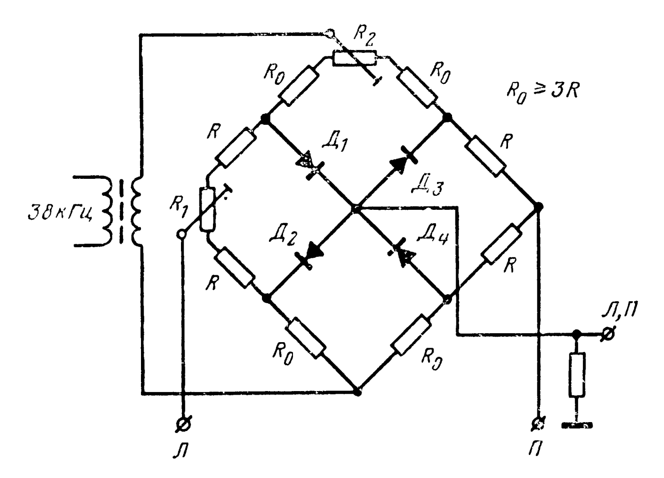


Рис. 150. Электронный переключатель по схеме перекрестного модулятора.

Фильтр нижних частот. Выходной сигнал электронного переключателя (модулятора) содержит, кроме требуемого КСС, нечетные гармоники частоты переключения, модулированные разностным сигналом. Справедливо выражение

$$U = U_п + U_л + (U_п - U_л)\,\frac{4}{\pi}\left[\sin\omega t - \frac{1}{3}\sin 3\omega t + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{5}\sin 5\omega t + \cdots\right].$$

Величина каждой последующей гармоники меньше, и поэтому обычно у модуляторов наиболее сказывается третья гармоника и ее боковые полосы, в меньшей степени пятая гармоника, а остальными вообще можно пренебречь.

Чтобы выходной сигнал удовлетворял требованиям стереофонического стандарта, необходимо нежелательные гармоники, прежде всего третью, отфильтровать. Для этого применяются ФНЧ в форме простого или сложного П-образного звена; фильтры должны без затухания и фазовых искажений передавать частоты хотя бы до 53 кГц, а в области 114 кГц должны иметь затухание не менее 30 дБ.

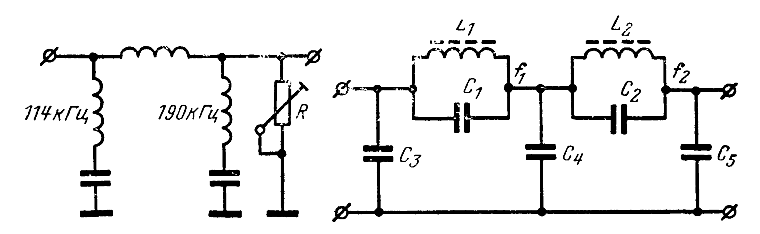


Рис. 151. Фильтр для устранения паразитных высших гармоник из КСС.

Рис. 152. Другая схема фильтра для подавления высших гармоник.

Для увеличения затухания третьей или же пятой гармоники одна или две ветви фильтра включаются как параллельные или последовательные резонансные контуры, настроенные на требуемые частоты.

На рис. 151 приведен П-образный фильтр, который имеет в вертикальных ветвях последовательные резонансные контуры, настроенные на 114 и 190 кГц. С помощью резистора R можно в небольших пределах регулировать фазовую характеристику фильтра.

Более сложный фильтр, состоящий из двойного П-образного звена, представлен на рис. 152. Теоретический анализ его схемы приведен, например, в [Л. 10]. Отдельные элементы фильтра можно рассчитать по формулам.

Для индуктивностей справедливы выражения

$$L_1 = 2Z_0 \frac{\sqrt{\left(\frac{\omega_1}{\omega}\right)^2 - 1}}{\omega_1};$$

$$L_2 = 2Z_0 \frac{\sqrt{\left(\frac{\omega_2}{\omega}\right)^2 - 1}}{\omega_2}.$$

Емкости параллельных резонансных контуров определяются по формулам:

$$C_1 = \frac{1}{2Z_0\,\omega_1 \sqrt{\left(\frac{\omega_1}{\omega}\right)^2 - 1}};$$

$$C_2 = \frac{1}{2Z_0\omega_1 \sqrt{\left(\frac{\omega_2}{\omega}\right)^2 - 1}}.$$

И, наконец, емкости C_3—C_5 фильтра определяются из соотношений

$$C_3 = \frac{1}{\omega_1 Z_0} \sqrt{\left(\frac{\omega_1}{\omega}\right)^2 - 1};$$

$$C_4 = \frac{1}{Z_0} \left(\frac{\sqrt{\left(\frac{\omega_1}{\omega}\right)^2 - 1}}{\omega_1} + \frac{\sqrt{\left(\frac{\omega_2}{\omega}\right)^2 - 1}}{\omega_2} \right);$$

$$C_5 = \frac{1}{2Z_0} \sqrt{\left(\frac{\omega_2}{\omega}\right)^2 - 1},$$

где Z_0 — волновое сопротивление фильтра, ω — граничная частота и ω_1, ω_2 — частоты максимального затухания (резонансные частоты резонансных контуров).

Нагрузочное сопротивление с обеих сторон фильтра должно быть равно. $R_2 = 1{,}25\, Z_0$.

Выходной усилитель. Выходной усилитель обычно имеет один или два каскада, последний каскад включен как эмиттерный повторитель. По существу это УНЧ, входное сопротивление которого является нагрузочным сопротивлением фильтра, а выходное сопротивление мало. С выхода сигнал подается на делитель выходного КСС, а также на схему модуляции высокочастотного генератора. Регулирующий потенциометр выходного напряжения иногда бывает включен между первым и вторым каскадами выходного усилителя. Схема однокаскадного выходного усилителя приведена на рис 153 У двухкаскадного усилителя фильтр нижних частот бывает включен между каскадами. Требуемая выходная мощность невелика (примерно 20 мВт), так что оконечный каскад может быть маломощным

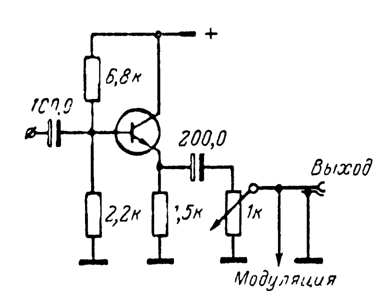


Рис 153 Выходной усилитель КСС.

Генератор УКВ. Генератор УКВ содержит один транзистор и обычно модулируется по частоте с помощью варикапа. Требуемая выходная мощность очень мала (примерно 2 мкВт). Для улучшения стабильности частоты некоторые генераторы вместо резонансного контура имеют отрезок коаксиального кабеля длиной $\lambda/4$. Электронная перестройка частоты в пределах ∓ 1 МГц осуществляется с помощью изменения величины смещения на варикапе или с помощью триммера Основная частота генератора УКВ выбирается приблизительно в середине диапазона УКВ. Пример схемы генератора УКВ приведен на рис 154, а генератора, использующего коаксиальный кабель, на рис 155

Измерения Для измерения уровня выходного напряжения КСС, а также для контроля девиации частоты и амплитуды сигнала пилот-тона наиболее часто используется низкочастотный транзисторный вольтметр, измеряющий амплитудное значение и имеющий отклонение на всю шкалу при 10 В Его схемой не будем подробно за-

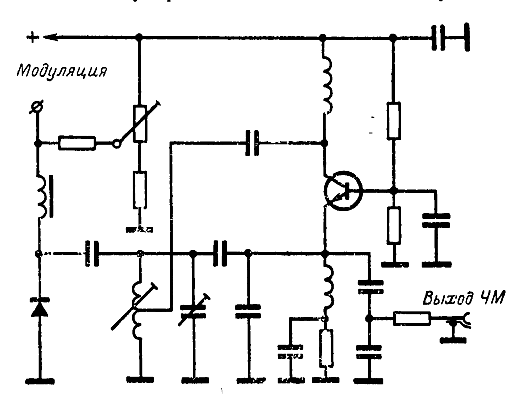


Рис 154 УКВ ЧМ генератор

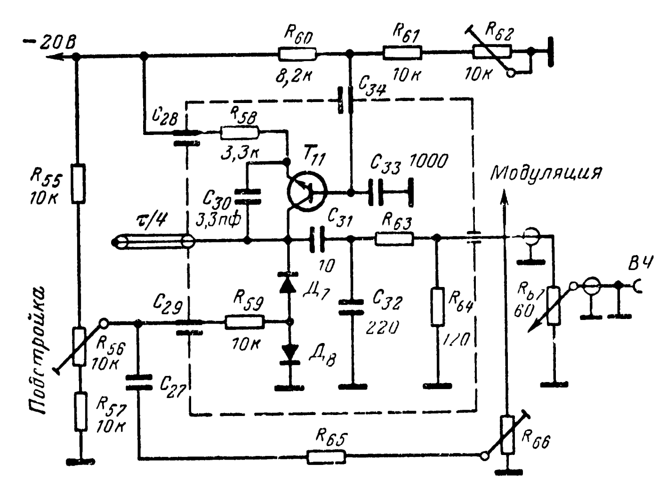


Рис 155. УКВ генератор с коаксиальным резонансным контуром и с электронной подстройкой.

ниматься, это чаще всего низкочастотный милливольтметр, шкала которого проградуирована в амплитудных значениях. Обычно имеется возможность повысить чувствительность в 10 раз с помощью кнопки Этим увеличивается точность контроля уровня пилот-тона и малых значений амплитуды КСС.

Источник питания. Транзисторные стереокодеры питаются постоянным напряжением 24—36 В. Потребляемый ток не бывает большим (до 40 мА), поэтому для стабилизации напряжения в принципе достаточно опорных диодов. В большинстве случаев, однако, для достижения большей стабильности и как можно меньшего внутреннего сопротивления используется транзисторный стабилизатор.

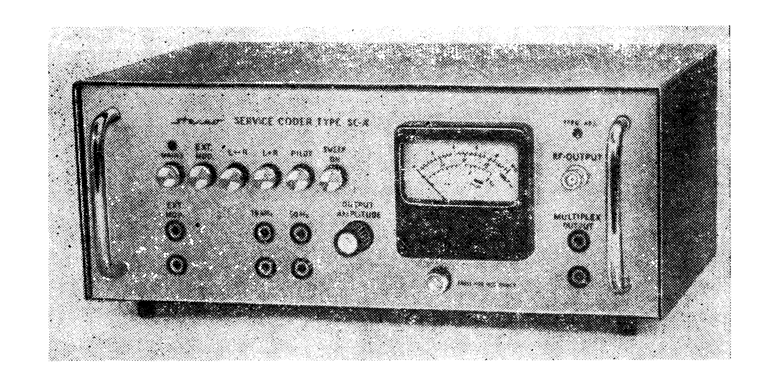


Рис. 156. Стереокодер VUST SC-A.

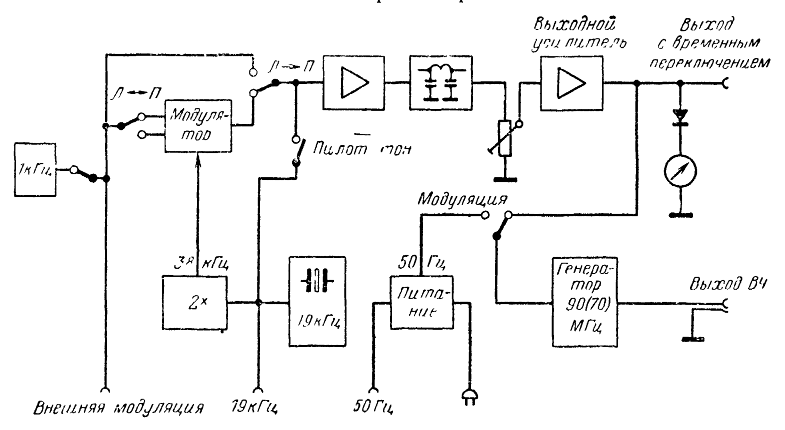


Рис. 157. Структурная схема кодера SC-A.

Стереокодеры ЧССР. В Чехословакии выпускаются два типа стереокодеров, предназначенных для ремонтных целей. Первый был разработан в VUST Прага, второй в TESLA Братислава.

На рис. 156 представлен общий вид кодера VUST SC-A, структурная схема которого приведена на рис. 157. Кодер имеет легкую, портативную конструкцию, габариты 330×120×180 мм и массу 3,5 кг. Следующий вариант этого кодера SC-A2 уже имеет двухканальный

выходной усилитель, что позволяет получить КСС с модуляцией одновременно в левом и правом каналах.

На рис. 158 изображен стереокодер TESLA MZ690U. Он работает на принципе временного переключения и имеет двухканальный усилитель и встроенный генератор 70 МГц. Кодер выполнен так, чтобы его можно было использовать как для настройки декодеров при серий-

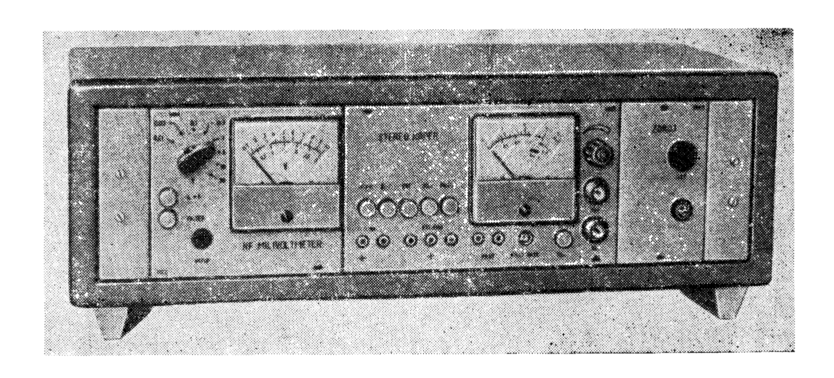


Рис. 158. Стереокодер TESLA MZ 690U.

ном производстве стереофонических приемников, так и в условиях ремонтных мастерских. Он находится в общем блоке с низкочастотным милливольтметром 10 мВ—30 В и с фильтром 0—15 кГц, схема которого приведена на рис. 171.

Общая схема кодера MZ690U без милливольтметра и источника питания приведена на рис. 159; схема стабилизированного источника постоянного напряжения 35 В, 0,1 А дана на рис. 160. В декодере (рис. 159) LC-генератор низкой частоты, содержащий транзистор T_1, можно переключать на частоты 1 и 4 кГц с помощью кнопочного переключателя $П_1$. Между генератором низкой частоты и входным усилителем включены кнопочные переключатели $П_2$ и $П_3$ для коммутации. Переключателем $П_2$ низкочастотный сигнал подается только в левый или только в правый канал, второй канал при этом заземлен. Переключатель $П_3$ подключает внешнюю или внутреннюю модуляцию. При включении кнопки $П_4$ в оба канала подаются одинаковые сигналы в фазе (монофоническая передача).

Входные усилители имеют по два каскада и выполнены на транзисторах T_2—T_5. Общий коэффициент усиления равен 5. Усилители имеют большое входное и малое выходное сопротивления, второй транзистор всегда включен как эмиттерный повторитель.

В качестве генератора пилот-тона использован кварцевый генератор, что обеспечивает необходимую стабильность частоты. Напряжение пилот-тона снимается с коллектора транзистора T_6 через разделительный резистор R_{51} и фазирующее звено L_3, C_{28} и подается к разделяющему усилителю, выполненному на транзисторе T_8 по схеме эмиттерного повторителя. С выхода эмиттерного повторителя сигнал 19 кГц подается через потенциометр R_{58} и кнопку выключателя $П_1$ на выходной усилитель Фаза пилот-тона устанавливается при помощи изменения индуктивности L_3.

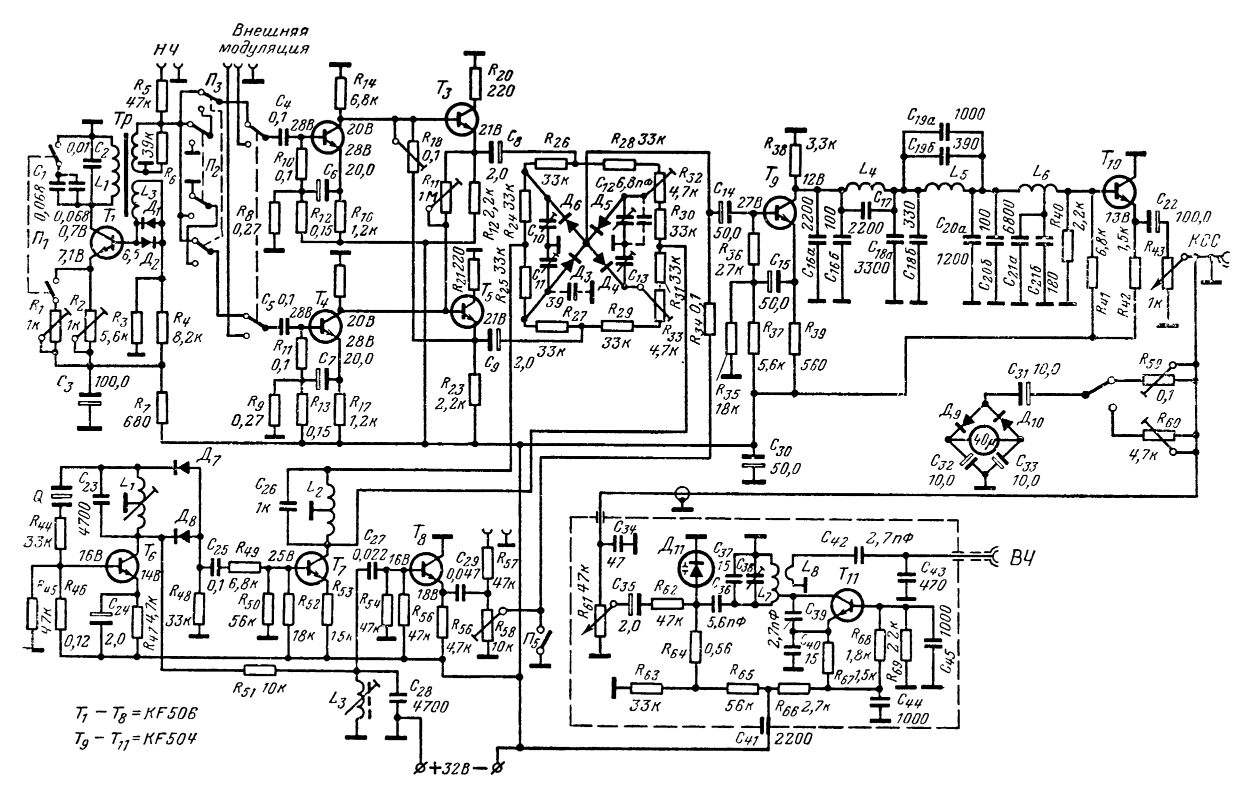


Рис 159 Схема стереокодера TESLA MZ 690U

Поднесущая частота получается путем удвоения частоты пилот тона диодным удвоителем $Д_7$, $Д_8$ с последующим усилением транзистором T_7. С резонансного контура L_2, C_{26}, включенного в коллекторную цепь транзистора T_7, напряжение 38 кГц снимается на электронный переключатель

В качестве электронного переключателя используется перекрестный модулятор на диодах $Д_3$—$Д_6$

С электронного переключателя КСС подается на выходной усилитель, собранный на транзисторах T_9 и T_{10}. Туда же через раздели-

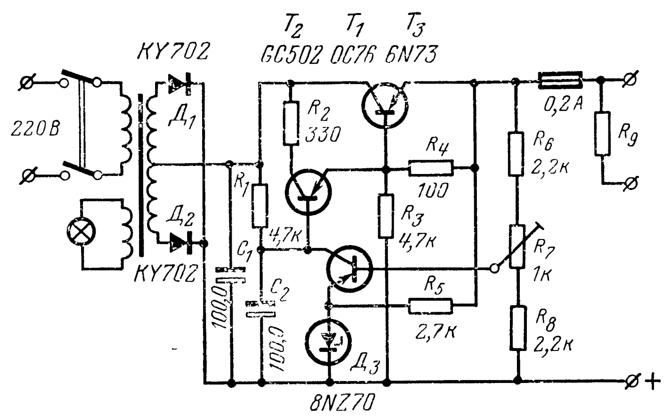


Рис. 160. Схема стабилизированного источника 35 В, 100 мА кодера TESLA.

тельный резистор R_{34} подается пилот-тон. За первым каскадом усиления включен ФНЧ, который пропускает без затухания и фазовых искажений частоты до 53 кГц. Максимум затухания этого фильтра находится на 114 и 190 кГц, т. е. на третьей и пятой гармониках поднесущей частоты.

С фильтра сигнал, из которого уже устранены нежелательные гармоники, поступает на выходной каскад усилителя, который работает как эмиттерный повторитель С выходного регулирующего потенциометра сигнал подается на выходные зажимы 0—6 В (пик — пик), для модуляции генератора УКВ и для измерений.

Генератор УКВ собран на транзисторе T_{11}, включенном по схеме с общей базой. Он оформлен как самостоятельный экранированный блок, что позволяет устранить нежелательное излучение. К резонансному контуру генератора L_7, C_{37}, C_{38} через конденсатор C_{36} подключен варикап $Д_{11}$ для осуществления частотной модуляции генератора. На варикап $Д_{11}$ с потенциометра R_{61} в качестве модулирующего напряжения подается КСС. Рабочая точка варикапа выбрана в линейной части характеристики с помощью постоянного напряжения смещения, которое подается на диод через резистор R_{64} с делителя напряжения R_{63}, R_{65}. Генератор работает на основной частоте 70 МГц и создает на выходе напряжение 10 мВ. Частоту генератора можно в небольших пределах регулировать с помощью конденсатора C_{38}

и этим избежать помех, создаваемых местным ЧМ передатчиком. Источник постоянного напряжения (рис. 160) состоит из сетевого трансформатора, двухполупериодного выпрямителя и электронного стабилизатора напряжения. Стабилизатор имеет обычную схему с опорным диодом, управляющим усилителем на двух транзисторах T_1, T_2 и мощным транзистором T_3, выполняющим функцию переменного сопротивления, поддерживающего постоянное выходное напряжение при изменениях нагрузки и колебаниях сетевого напряжения. Величину стабилизированного постоянного напряжения можно в определенных пределах регулировать потенциометром R_7.

2. ПРОВЕРКА И НАСТРОЙКА ТРАКТОВ ВЫСОКОЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ ПРИЕМНИКА

Было показано, что на качество стереофонического приема, кроме декодера, существенное влияние оказывают и тракты высокой и промежуточной частоты. Поэтому при настройке стереофонических приемников следует всегда начинать с проверки или настройки этих трактов. И особенно важна правильная работа УПЧ и дробного детектора; расстройка высокочастотных контуров УКВ блока из-за их широкой полосы сказывается, как и у монофонического приемника, только на уменьшении чувствительности. Поэтому при проверке высокочастотного тракта в приемнике особое внимание уделяют прежде всего дробному детектору и УПЧ.

При проверке и настройке УПЧ и дробного детектора можно действовать по существу так же, как и в случае монофонических приемников, т. е. использовать генератор 10,7 МГц и электронный вольтметр или микроамперметр с добавочным сопротивлением. Этот способ настройки был уже многократно описан в литературе и поэтому здесь подробно разбираться не будет.

В последнее время часто рекомендуется настройка с помощью частотно-модулированного сигнала 10,7 МГц (1000 Гц, девиация 15 кГц), причем приемник настраивается на максимум низкочастотного напряжения в громкоговорителе приемника и на минимальные искажения. Для индикации параллельно громкоговорителю подключаются низкочастотный милливольтметр и осциллограф. Обладая достаточным опытом, так можно настроить весь УПЧ, включая дробный детектор. Все контуры трансформаторов промежуточной частоты, за исключением вторичного контура дробного детектора, настраиваются просто на максимум. Вторичный контур дробного детектора настраивается на максимум при помощи осциллографа. При правильной настройке максимальный уровень напряжения совпадает с симметричным и неискаженным сигналом на осциллографе. При расстройке в любую сторону (отклонение от правильного положения) вначале искажения сигнала резко возрастают, частота низкочастотного напряжения удваивается (точка настройки находится на горбе S-кривой). Потом вновь появляется основная частота, а напряжение падает (детектирование на боковом скате S-кривой). Обладая достаточным опытом, можно этим методом оценивать и ширину полосы пропускания, и линейность S-кривой, если после настройки постепенно увеличивать девиацию частоты до 100 кГц и наблюдать форму низкочастотного сигнала на осциллографе. Частотно-модулированный сигнал 10,7 МГц подается на вход УПЧ (сетка или база смесителя). Если контуры сильно расстроены, то рекомендуется настраи-

вать их последовательно в направлении от дробного детектора к смесителю.

Настройка и проверка при помощи описанных средств не дает, однако, у стереофонических приемников достаточного представления о качестве УПЧ, а именно о симметричности и ширине резонансной характеристики и о линейности и расстоянии между горбами S-кривой. Поэтому при настройке и прежде всего при проверке стереофонических приемников в большинстве случаев резонансные характеристики и S-кривые просматриваются на осциллографе с помощью генератора качающейся частоты. Снятие резонансных характеристик контуров с помощью частотной модуляции известно из телевизионной техники, у радиоприемников до сих пор оно используется в меньшей

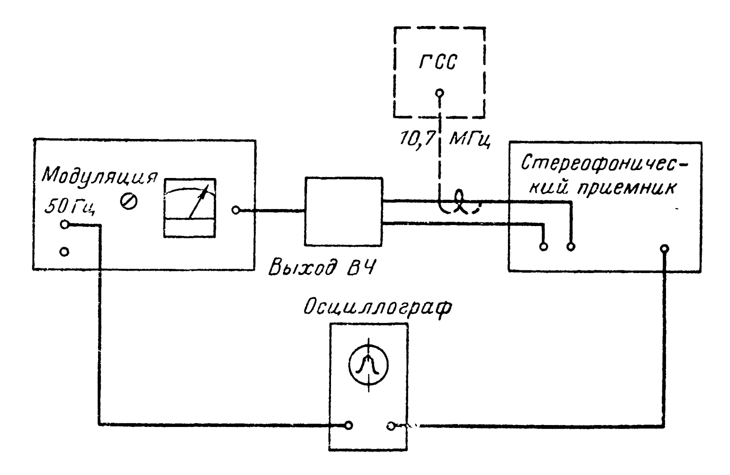


Рис. 161. Структурная схема проверки УПЧ при помощи кодера SC-A.

мере, в большинстве случаев для настройки S-кривой. Для проверки и настройки стереофонических приемников этот метод можно считать единственно правильным, хотя у хорошо выполненных УПЧ можно и настройкой классическим способом добиться хороших результатов.

При проверке и настройке УПЧ может быть использован сигнал промежуточной частоты 10,7 МГц, или высокочастотный сигнал радиодиапазона УКВ. При использовании высокочастотного сигнала и при контроле всего приемника предполагается, что контуры блока УКВ имеют достаточную ширину полосы пропускания и не будут искажать результатов измерений. На практике в большинстве случаев используется сигнал 10,7 МГц, модулированный частотой сети 50 Гц с девиацией частоты примерно до ∓0,5 МГц. Использование стереокодера SC-A для проверки УПЧ с помощью модулированного высокочастотного сигнала показано на структурной схеме на рис. 161.

При проверке и настройке S-кривой осциллограф подключается к выходу дробного детектора (вход декодера). Модулированный сигнал 10.7 МГц с генератора качающейся частоты подается на базу

(сетку) последнего транзистора (лампы) промежуточной частоты

Весь УПЧ можно проверять вместе с дробным детектором или без него Первый способ более удобен, второй более точный и правильный

При настройке УПЧ вместе с дробным детектором модулированный сигнал подается на вход УПЧ (на базу транзистора смесителя или же на металлическое кольцо шириной 1 см, надетое на лампу ЕСС85 блока УКВ); осциллограф подключается так же, как в случае проверки дробного детектора Все контуры трансформаторов промежуточной частоты настраиваются на максимальное значение крутизны и симметричность S-кривой и на наибольшую линейность ее средней части Недостатком этого способа является то, что неправильную настройку и неудовлетворительную форму резонансной характеристики тракта промежуточной частоты можно улучшить настройкой дробного детектора и наоборот, так что результатом может быть вроде бы хорошая кривая; но на самом деле ни S-кривая, ни резонансная характеристика не имеют требуемой формы, что приводит к увеличению искажений и нежелательным фазовым сдвигам. Поэтому при этом методе более выгодно сначала настроить сам детектор подключением модулированного сигнала к базе последнего транзистора промежуточной частоты и только после этого настраивать весь УПЧ, однако контуры дробного детектора больше не трогать При настройке УПЧ без дробного детектора модулированный сигнал также подключается ко входу УПЧ, осциллограф же в случае ламповых приемников подключается через разделительный резистор сопротивлением 0,1 МОм к RC-цепи последнего каскада ограничителя, в случае транзисторных приемников — через малый конденсатор с помощью высокочастотного измерительного щупа к первичному контуру дробного детектора. Таким образом можно снять общую резонансную характеристику УПЧ и с помощью меток, имеющихся обычно в генераторах качающейся частоты, определить ширину полосы пропускания на уровне 3 дБ* С помощью меток определяют также расстояние между горбами S-кривой дробного детектора и величину ее линейной части

При просмотре резонансной характеристики (рис. 162) и S-кривой с помощью генератора качающейся частоты необходимо учитывать некоторые искажения изображенных кривых под влиянием постоянной времени измерительных цепей Эти искажения проявляются в более медленном нарастании кривой Поэтому следует использовать наименьшую девиацию частоты, чтобы крутизна нарастания кривой во времени была как можно меньше. При очень большой девиации частоты узкая резонансная кривая вообще не достигнет на экране своей максимальной амплитуды. Здесь придерживаются такого принципа: использовать всегда наименьшую девиацию при наименьшем возможном усилении горизонтального усилителя осциллографа (т. е. не расширять кривую, добиваясь более широкого изображения). Еще большее искажение возникает при просмотре S-кривой, так как заметно сказывается постоянная времени электролитического конденсатора и параллельного сопротивления дробного детектора. При нарастании S-кривой электролитический конденсатор демпфирует кривую, при спаде кривой — помогает этому процессу. По-

* В Советском Союзе для радиовещательных приемников принято отсчитывать величину полосы пропускания на уровне 6 дБ. (*Прим. ред.*)

этому первая вершина S-кривой получается меньшей, чем вторая. Из-за неодинаковых вершин смещается и нулевая точка S-кривой. Несимметричность и сдвиг нуля могут достигать 10 и даже 20%. Эти искажения можно устранить, применяя медленные качания частоты с модуляцией, например, частотой 1 Гц Но такие генераторы пока что в ЧССР не выпускаются.

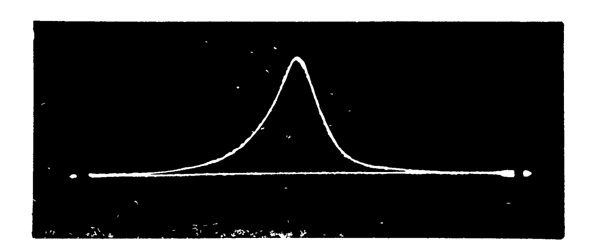


Рис. 162 Резонансная кривая тракта промежуточной частоты 10,7 МГц, снятая с помощью генератора качающейся частоты.

Несмотря на указанные недостатки, УПЧ стереофонических приемников проверяют и настраивают преимущественно с помощью генераторов качающейся частоты, так как здесь решающее значение имеет тот факт, что форму кривых, а также результат подстройки резонансных контуров можно непосредственно наблюдать на экране осциллографа (рис. 163).

Этим методом настраиваются на заводе TESLA Братислава приемники 538A Stereodirigent. Для заводской настройки контуров при-

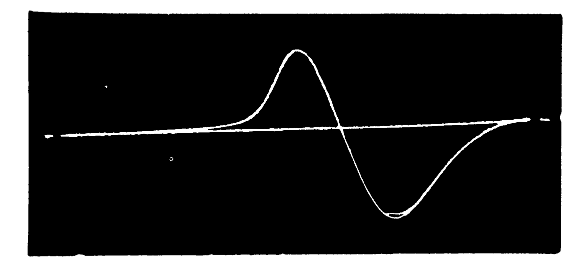


Рис. 163. Изображение S-кривой дробного детектора на экране осциллографа.

емника был разработан специальный генератор качающейся частоты с большим экраном (рис. 164), позволяющий быстро и точно проверять и настраивать резонансные характеристики УПЧ и S-кривые дробного детектора.

Проверку всего высокочастотного тракта стереофонического приемника со входа антенны до выхода дробного детектора можно осуществить также с помощью стереокодера и осциллографа. Эта про-

верка дает однозначное представление о пригодности высокочастотных контуров и контуров промежуточной частоты приемника для неискаженной передачи КСС. Высокочастотный сигнал с кодера, частотно-модулированный кодированным комплексным стереофоническим сигналом, при этом методе подается через симметрирующее звено на антенный вход приемника. Осциллограф подключается к выходу дробного детектора параллельно входу декодера. На стереокодере устанавливается модуляция частотой 1 кГц в одном канале, второй канал не модулируется, пилот-тон выключается. Созданный таким образом КСС имеет вид, показанный на рис. 165, *а*, в чем можно убедиться подключением осциллографа к низкочастотному выходу стереокодера. Если бы УВЧ, УПЧ и дробный детектор были идеальными, то сигнал на входе декодера также имел бы вид, как на рис. 165, *а**.

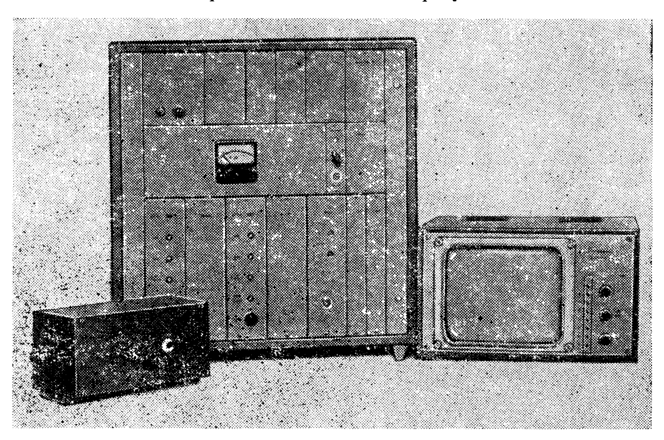


Рис. 164. Специализированный генератор качающейся частоты 10,7 МГц для настройки УПЧ стереофонических приемников.

В действительности же всегда имеется уменьшение разностного сигнала, обусловленное ограниченной полосой пропускания УПЧ и затуханием верхних частот на выходе дробного детектора. Входное напряжение декодера поэтому будет иметь вид, как на рис. 165, *б*, т. е. разностный сигнал будет подавлен примерно на 5—10%. Это подавление всегда заранее учитывается и в декодере компенсируется с помощью соответствующих схем. В случае плохого дробного детектора или очень узкой полосы пропускания тракта промежуточной частоты сигнал на осциллографе будет иметь вид, как на рис. 165, *в*; разностный сигнал в данном случае подавлен больше допустимого. Если в УПЧ имеют место фазовые искаже-

* Такие же осциллограммы можно получить при использовании системы с полярной модуляцией (см. приложение), если выключить на стереокодере остаток поднесущей частоты и замкнуть накоротко контур подавления поднесущей. (*Прим. ред.*)

ние сигнала в соответствии с рис. 165, *г*. При всех измерениях приемник должен быть настроен точно на частоту генератора (включена АПЧ). При неточной настройке или большой несимметричности *S*-кривой на осциллографе происходит срезание верхних или нижних вершин изображения сигнала. Используемый осциллограф должен иметь амплитудную и фазовую характеристики вертикального усили-

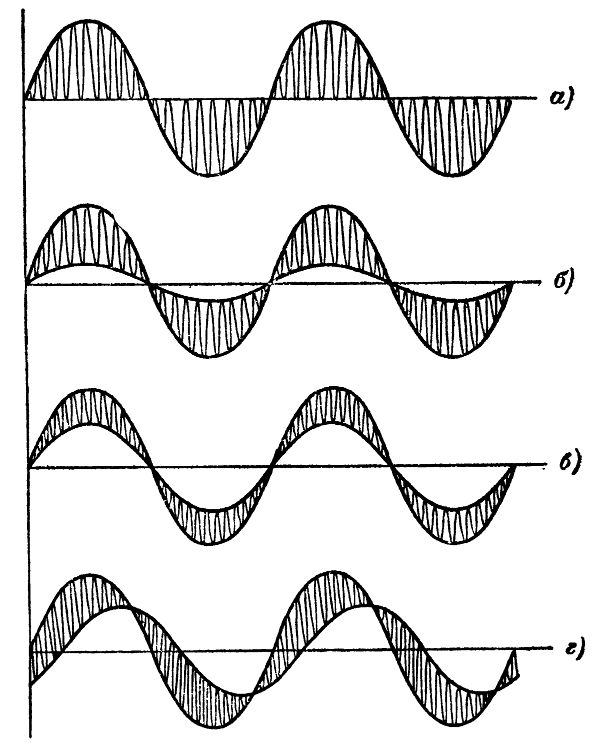


Рис. 165. Разные формы сигнала на входе декодера при проверке высокочастотного стереофонического канала приемника.

теля строго линейными хотя бы в диапазоне 30 Гц—53 кГц. Допустимое отклонение в этом диапазоне частот составляет для амплитуды ∓0,05 дБ, для фазы ∓0,5°.

В заключение данной части приводится пример инструкции для настройки контуров высокой и промежуточной частоты стереофонического приемника TESLA 538A Stereodirigent (см. рис. 136).

Настройка усилителя промежуточной частоты и дробного детектора с помощью генератора. На управляющую сетку пентода лампы $Л_3$ (ECF803) подается через конденсатор 1000 пФ немодулированный сигнал 10,7 МГц. Параллельно электролитическому конденсатору

C_{115} дробного детектора подключается электронный вольтметр постоянного напряжения на 10 В (мин. 100 кОм/В). Первичная обмотка L_{54} настраивается на максимальное отклонение вольтметра. Потом электронный вольтметр включается (желательно при шкале с нулем в середине) между точкой измерения $Кт_1$ и шасси, и вторичный контур (индуктивность L_{55}) настраивается на нулевое отклонение.

Дальше к точке $Кт_1$ подключается низкочастотный милливольтметр, генератор подключен, как ранее. Высокочастотный ЧМ сигнал. модулированный частотой 400 Гц с девиацией 15 кГц, устанавливается такой величины, чтобы отклонение на милливольтметре было равно 1 В. Потом производится переключение на амплитудную модуляцию 400 Гц глубиной 30%, и с помощью потенциометра R_{112} устанавливается наименьшее отклонение на милливольтметре Отношение этих двух напряжений дает величину подавления амплитудной модуляции.

Далее высокочастотный генератор подключается через разделительный конденсатор 1000 пФ к управляющей сетке гептода лампы $Л_3$ (ECH81). Напряжение модулируется по частоте сигналом 400 Гц с девиацией 15 кГц. Сердечники индуктивностей L_{51} и L_{52} настраиваются на максимальное значение выходной мощности (по низкочастотному милливольтметру, подключенному к $Кт_1$ или параллельно к громкоговорителю). Затем генератор подключается к металлическому кольцу шириной 1 см, надетому на лампу $Л_1$, или сигнал подается через малую емкость на сетку лампы $Л_{1б}$ Сигнал модулирован частотой 400 Гц с девиацией 15 кГц. Сердечники индуктивностей L_{34} и L_{35} настраивается на максимальное отклонение выходного измерительного прибора.

Чувствительность, измеряемая при 50 мВт выходной мощности на громкоговорителе, должна быть при модулированном сигнале 10,7 МГц (400 Гц, девиация 15 кГц): с управляющей сетки лампы ECF803—10 мВ, с управляющей сетки лампы ECH81—0,5 мВ.

Настройка УПЧ и дробного детектора с помощью генератора качающейся частоты. Сигнал с генератора качающейся частоты подается на управляющую сетку лампы ECF803, осциллограф подключается к точке $Кт_1$. Поворотом сердечников катушек L_{54} и L_{55} настраивается S-кривая на экране осциллографа так, чтобы она соответствовала рис. 166.

Сигнал с генератора качающейся частоты подается на металлическое кольцо, надетое на лампу ECC85, или через конденсатор малой емкости на управляющую сетку второй половины этой лампы. Осциллограф подключается через разделительное сопротивление 100 кОм на управляющую сетку пентода ECF803 (RC-цепь ограничителя). Поворотом сердечников катушек L_{51}—L_{54} кривая на экране осциллографа настраивается так, чтобы при как можно большем усилении она соответствовала рис. 167.

Настройка УКВ блока. Высокочастотный генератор подключается через симметрирующее звено к входным зажимам приемника. Сигнал ЧМ с генератора во время настройки модулирован частотой 400 Гц с девиацией 15 кГц.

Низкочастотный милливольтметр подключается параллельно громкоговорителю или к точке $Кт_1$.

Частота генератора устанавливается равной 66,78 МГц. Указатель приемника устанавливается на отметку настройки в правой части шкалы. Поворотом сердечника катушки гетеродина L_{32} настраивается максимум отклонения стрелки милливольтметра. После этого генератор перестраивается на 72,38 МГц, указатель устанавливается

на отметку настройки в левой части шкалы, и с помощью конденсатора C_{17} настраивается максимум отклонения стрелки. Настройка гетеродина повторяется несколько раз до достижения полного соответствия шкалы.

Затем точно так же настраивается входной контур с помощью сердечника катушки L_{31} и конденсатора C_8. Приемник всегда на-

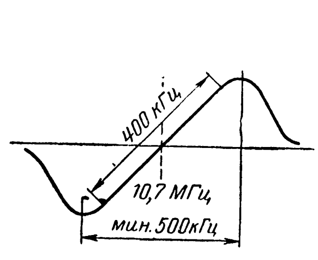


Рис 166. Вид S-кривой дробного детектора приемника 538А при правильной настройке.

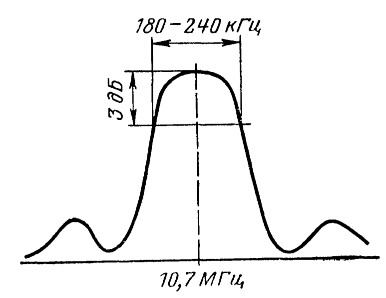


Рис. 167. Вид резонансной кривой тракта промежуточной частоты приемника 538А.

страивается на вводимый сигнал. Если возникает отклонение от шкалы, необходимо вновь подстроить гетеродин.

Проверка высокочастотного стереофонического канала. На антенный вход приемника через симметрирующее звено подается сигнал с выхода стереокодера. Высокочастотный сигнал подается величиной 0,5 мВ, модуляция частотой 1 кГц только в одном канале, девиация частоты 16 кГц, пилот-тон отключен. На выход дробного детектора (измерительная точка $Кт_1$) подключается осциллограф. Изображение на осциллографе оценивается по кривым на рис. 165.

3. НАСТРОЙКА СХЕМЫ ДЕКОДЕРА

Схему декодера необходимо настраивать в том случае, когда при измерениях в приемнике переходное затухание между каналами не достигает требуемой величины.

Переходное затухание между каналами измеряется через весь приемник, т. е. высокочастотным стереофоническим сигналом при модуляции только в одном канале. Для проверки переходного затухания между каналами можно в качестве источника сигнала использовать стереокодер или стандартный стереофонический сигнал, который передают радиопередатчики стереофонических программ. Индикатором может служить осциллограф или низкочастотный милливольтметр с фильтром, пропускающим частоты до 15 кГц. Индикатор можно подключить к выходу декодера или параллельно громкоговорителю одного или другого канала. Для быстрого переключения с канала на канал и для изменения чувствительности индикатора рекомендуется подключить его к выходу левого и правого каналов через переключатель и ввести аттенюатор.

Настройка схемы декодера, естественно, необходима всегда при вводе в эксплуатацию нового декодирующего устройства, а также при ремонте, связанном со значительным вмешательством в отдельные цепи. Значительным вмешательством в схему декодера, которое может влиять на его настройку, необходимо считать не только прямое вмешательство в резонансные контуры, но и замену транзисторов или замену некоторых резисторов и конденсаторов связи. Например, замена конденсатора связи в усилителе 19 кГц конденсатором, имеющим, казалось бы, ту же емкость, может создать нежелательный сдвиг пилот-тона по фазе. При замене конденсатора, имеющего допуск 5%, таким же конденсатором необходимо учитывать изменение емкости в контуре в пределах указанного допуска, так как уже невозможно определить, какую собственно емкость имел сгоревший конденсатор.

Настройка с помощью стереокодера. Контроль переходного затухания между каналами. Высокочастотное напряжение с кодера, частотно-модулированное КСС, подается на антенный вход приемника. На выход декодера или параллельно громкоговорителю подключается осциллограф или низкочастотный милливольтметр. На кодере включается модуляция 1 кГц в левом канале, второй канал остается без модуляции. На выходе измеряется уровень полезного сигнала левого канала (U_1) и остаточного сигнала, проникающего в правый канал (U_2). Величина переходного затухания определяется выражением

$$D = 20 \lg \frac{U_1}{U_2}, \text{ дБ}.$$

Затем модуляция переключается в правый канал, и точно так же измеряется переходное затухание сигнала правого канала в левом канале.

Минимальное переходное затухание между каналами определено в инструкциях для ремонта отдельных приемников. В качестве минимально допустимого значения можно считать 25 дБ, обычно достигаемые значения составляют 30—35 дБ.

При подключении измерительного прибора параллельно громкоговорителю общее переходное затухание между каналами ухудшается за счет переходного затухания низкочастотного усилителя. Однако переходное затухание между низкочастотными каскадами бывает намного большим, чем в декодере, так что в большинстве случаев оно не оказывает существенного влияния на измерения.

Перед низкочастотным милливольтметром или осциллографом при измерении переходного затухания между каналами необходимо включить фильтр нижних частот 0—15 кГц. В противном случае будет измерено меньшее переходное затухание, чем оно есть на самом деле, так как результат измерений искажен за счет остаточных напряжений поднесущей частоты и пилот-тона, появляющихся на выходе декодера. Общая структурная схема измерения переходного затухания между каналами стереофонического приемника приведена на рис. 168.

В случае, если проверяется переходное затухание декодера, который не встроен в приемник, на вход декодера подается КСС величиной около 1 В (пик—пик).

Предварительная настройка контуров 19 и 38 кГц. После значительного вмешательства в схему декодера при ремон-

те и при настройке нового декодера необходимо произвести предварительную настройку контуров 19 и 38 кГц восстановителя поднесущей частоты.

При предварительной настройке декодера, встроенного в приемник, высокочастотный сигнал стереокодера подается на антенный вход приемника. При предварительной настройке самого декодера

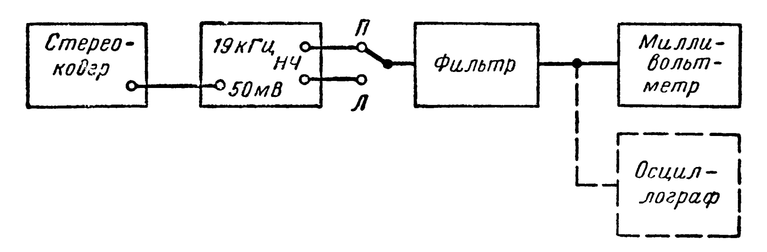


Рис. 168. Включение приборов при измерении переходного затухания между каналами.

вход декодера соединяют с выходом КСС стереокодера. Оба канала оставляют без модуляции, так что КСС содержит собственно только пилот-тон 19 кГц. При предварительной настройке самостоятельных декодеров начальный уровень пилот-тона составляет около 50 мВ; в течение настройки уровень уменьшают так, чтобы выходное напряжение на индикаторе не превысило 2—3 В. При предварительной настройке с помощью высокочастотного сигнала через весь приемник нет необходимости устанавливать входной уровень, так как ограничитель и дробный детектор обеспечивают почти постоянное напряжение в широком диапазоне входных высокочастотных напряжений В качестве индикатора настройки используется осциллограф или низкочастотный милливольтметр, которые подключают как можно более короткими неэкранированными проводами (еще лучше через разделительный резистор 100 кОм) к последнему резонансному контуру 38 кГц (между шасси и анодом последней лампы или же коллектором последнего транзистора, или к цепи, подводящей напряжение 38 кГц к электронному переключателю, рис. 169). После этого последовательно настраиваются все контуры 19 и 38 кГц на максимум выходного напряжения индикатора Если имеем дело с новым, полностью расстроенным декодером, то может случиться, что после подключения на вход пилот-тона на выходе не наблюдается никакого отклонения. В этом случае индикатор переключается на коллектор первого или второго транзистора и настраивается каскад за каскадом, начиная с первого резонансного контура (последовательность подключения милливольтметра 1, 2, 3, рис. 169).

Контуры 19 и 38 кГц можно настроить также с помощью RC-генератора; но при этом не обеспечивается требуемая точность частоты пилот-тона Указания по предварительной настройке контура восстановителя поднесущей частоты обычно приведены в инструкциях изготовителя.

Настройка переходного затухания между каналами. Для настройки на максимальные переходные затухания не существует однозначной методики. Наиболее целесообразно точно

придерживаться указаний фирмы-изготовителя (документация по эксплуатации и ремонту).

Способ подключения приборов при настройке переходных затуханий между каналами такой же, как и при его проверке.

На величину переходного затухания между каналами влияют прежде всего элементы, предназначенные для установки переходного

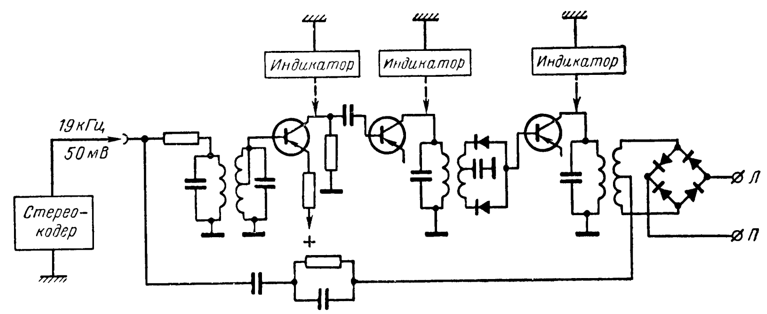


Рис. 169. Предварительная настройка контуров 19 и 38 кГц.

затухания в декодере (резисторы или потенциометры настройки), и правильная фаза частоты поднесущей. Фазу поднесущей частоты можно изменять в сравнительно широком диапазоне небольшой расстройкой катушек резонансных контуров 19 и 38 кГц (небольшим поворотом сердечников катушек на 0,5—1 оборот); их настройка на максимум при этом почти не меняется.

Если не имеется инструкции по настройке фабрики-изготовителя, то при установке переходных затуханий между каналами поступают следующим образом.

В случае, если декодер не имеет никаких переменных сопротивлений для установки переходных затуханий, он настраивается изменением фазы поднесущей частоты путем небольшой подстройки резонансных контуров 19 и 38 кГц. При этом наибольшее влияние на изменение фазы оказывают полосовые фильтры. При настройке необходимо также проверять уровень поднесущей частоты и следить за тем, чтобы ее амплитуда оставалась максимальной.

В случае, если декодер имеет переменные сопротивления, предназначенные для установки переходных затуханий, пытаются сначала установить максимальное переходное затухание с помощью этих сопротивлений. Если и после этого переходное затухание между каналами мало, то пытаются улучшить его значение с помощью подстройки какого-либо из контуров 19 или 38 кГц. У новых декодеров и в случае значительной расстройки хорошие результаты дает повторная поочередная настройка переменных резисторов и резонансных контуров на максимальное переходное затухание между каналами с одновременным контролем сохранения максимальной амплитуды поднесущей частоты.

Настройка декодера без стереогенератора. Предварительная настройка контуров 19 и 38 кГц. Наиболее простым способом можно настроить эти контуры с помощью передатчика, передающего любую стереофоническую программу. Декодер при этом

необходимо предварительно настроить прямо в приемнике. Для индикации настройки используют осциллограф или низкочастотный милливольтметр, который подключается через разделительный резистор (10—100 кОм) к токоведущему концу последнего резонансного контура 38 кГц декодера. Приемник настраивается на передатчик, передающий стереофоническую программу; катушки резонансных контуров 19 и 38 кГц настраиваются на максимум показаний индикатора. Этот метод основан на том, что при приеме стереофонической передачи на выходе дробного детектора появляется КСС, содержащий также частоту пилот-тона 19 кГц, которая полностью заменяет сигнал от измерительного кодера. Если уровень напряжения на индикаторе при настройке становится слишком большим, то снижают уровень КСС, включая делитель между дробным детектором и декодером. Перегрузка по уровню проявляется в том, что при перестройке контуров в широких пределах сигнал не меняется.

Если контуры 19 и 38 кГц сильно расстроены, то их вначале настраивают порознь с помощью *RC*-генератора.

Сигнал 19 и 38 кГц подается при этом через разделительный конденсатор 0,1 мкФ на базу транзистора данного каскада. Индикатор подключается через разделительный резистор к резонансному контуру, который настраивается на максимум. Разделительный резистор подключается всегда непосредственно к резонансному контуру, чтобы его расстройка при подключении индикатора была минимальной.

Настройка переходных затуханий между каналами. Каналы можно настроить без стереокодера только во время приема стандартного стереофонического сигнала, который регулярно передают передатчики стереофонических программ. Этот стандартный стереофонический сигнал, передаваемый для настройки передающих и приемных устройств, содержит разные варианты КСС, звуковые и музыкальные эффекты. Одной из составляющих стандартного сигнала бывает всегда передача гармонического сигнала (1 кГц) или метронома только в левом канале, в правом канале при этом пауза. Потом, наоборот, сигнал имеется только в правом канале, в левом канале пауза.

Во время передачи такого стандартного сигнала настраиваются максимальные переходные затухания между каналами тем же способом, как при использовании стереокодера Так как время передачи стандартного сигнала ограничено, настройку необходимо производить быстро Большие преимущества в данном случае дает использование переключателя и аттенюатора

РЕМОНТ СТЕРЕОДЕКОДЕРОВ

1. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Для успешного ремонта и настройки стереофонических декодеров нужны определенные измерительные приборы, без которых качественное выполнение работ невозможно. Основным оснащением ремонтной мастерской при этом необходимо считать универсальный

измерительный прибор, стереокодер для ремонта и настройки, низкочастотный милливольтметр с фильтром и осциллограф. Радиолюбитель при наличии большого терпения может настраиваться по передаваемым стандартным стереофоническим сигналам.

Для ремонта и настройки декодеров особенно удобен низкочастотный транзисторный милливольтметр, выпускаемый предприятием TESLA Братислава с типовым обозначением MZ730U (рис. 170). Этот прибор был разработан непосредственно для нужд стереофонической техники, и его составной частью является фильтр нижних частот 0—15 кГц.

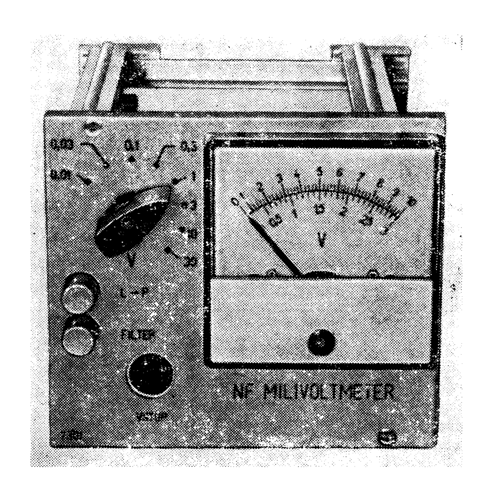


Рис. 170. Транзисторный низкочастотный милливольтметр MZ730U (TESLA Братислава).

Схема транзисторного милливольтметра MZ730U приведена на рис. 171. Измеряемое напряжение подается через переключатель каналов на входной делитель напряжения, обеспечивающий переключение пределов измерения от 10 мВ до 30 В при полном отклонении ступенями 10 дБ. С делителя переменное напряжение подается на эмиттерный повторитель на двух транзисторах T_1 и T_2, в котором имеется отрицательная обратная связь между эмиттером второго и коллектором первого транзистора. Параллельно входу транзистора T_1 включена пара кремниевых противоположно включенных диодов $Д_1$, $Д_2$, защищающая схему милливольтметра от перегрузки. Схема отличается особенно большим входным сопротивлением, в данном случае 3 МОм. Общее усиление транзисторов T_1 и T_2 равно единице. С эмиттера T_2 измеряемое переменное напряжение подается на собственно милливольтметр на транзисторах T_3 и T_4. Это двухкаскадный широкополосный усилитель с отрицательной обратной связью коллектора транзистора T_4 с эмиттером транзистора T_3.

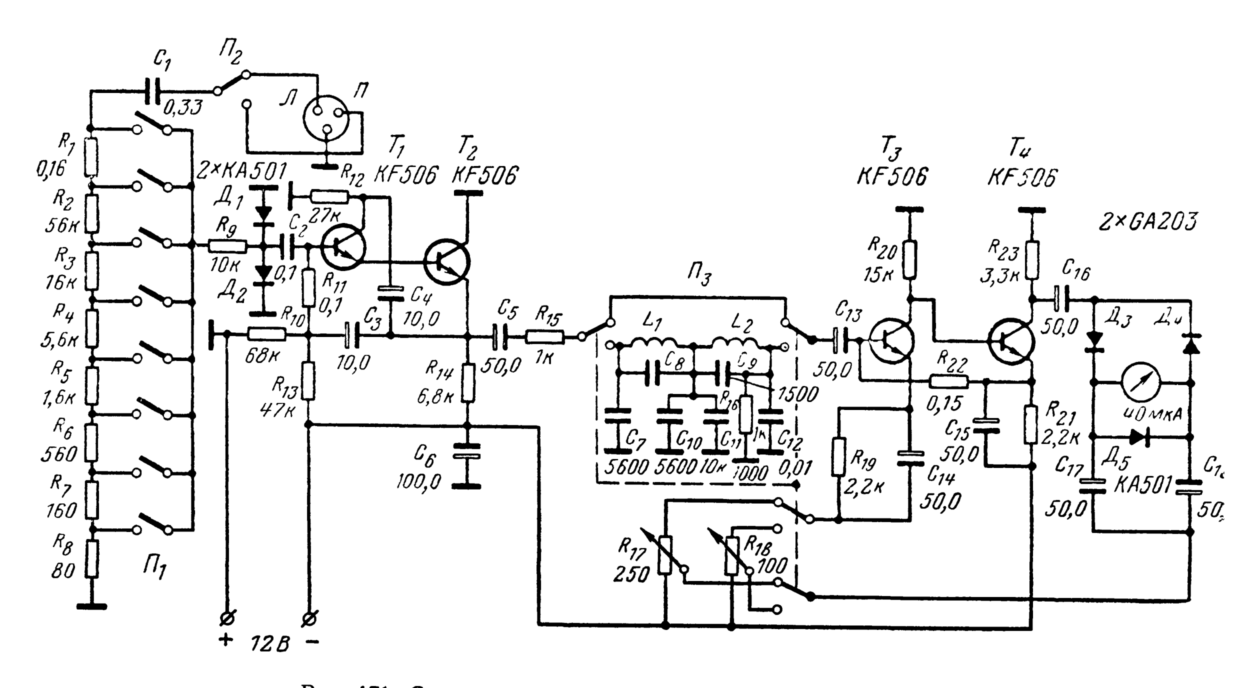


Рис 171. Схема транзисторного милливольтметра MZ730U.

Измерительный прибор вместе с мостовым выпрямителем на диодах $Д_3$, $Д_4$ и конденсаторах C_{17}, C_{18} включен прямо в цепь отрицательной обратной связи по току, так что его шкала почти линейна.

Кремниевый диод $Д_5$, подключенный параллельно измерительному прибору, ограничивает перегрузки измерительной системы при неправильном обращении с делителем напряжения. Основная чувствительность милливольтметра регулируется изменением коэффициента отрицательной обратной связи с помощью потенциометров R_{17}, R_{18}. С помощью переключателя $П_3$ можно между эмиттерным повторителем и широкополосным усилителем включить фильтр нижних частот 0—15 кГц, который состоит из катушек L_1, L_2 и соответствующих конденсаторов. Фильтр имеет в полосе 30 Гц — 15 кГц линейную характеристику с отклонением максимально ∓0,2 дБ, на частоте 19 кГц его затухание 30 дБ, на частоте 38 кГц — больше 50 дБ. Так как при включении фильтра основная чувствительность уменьшилась бы примерно в 2 раза, то одновременно с включением фильтра переключается цепь отрицательной обратной связи с потенциометра R_{17} на R_{18}. Потенциометр R_{18} настроен так, чтобы при включении фильтра сохранилась чувствительность. Другие параметры транзисторного милливольтметра таковы: входное сопротивление 240 кОм, пределы измерений 10, 30, 100 мВ, 1, 3, 10 В, частотный диапазон (без фильтра) 20 Гц — 50 кГц∓0,5 дБ, питание 12 В на 4 мА.

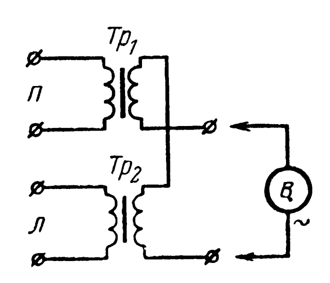


Рис. 172. Приспособление для точной балансировки каналов.

Приспособление для балансировки каналов. Балансировка каналов низкочастотных усилителей только приблизительно, на слух, как это обычно делается, является значительно субъективной и неточной. Так как обе акустические системы бывают обычно одинаковыми, стереобаланс можно установить путем сравнения переменных напряжений на входе акустических систем левого и правого каналов при подаче на вход усилителей обоих каналов одинакового гармонического сигнала (например, 1 кГц).

Для сравнения выходных напряжений целесообразно сделать приспособление в соответствии с рис. 172. Оно состоит из двух одинаковых выходных трансформаторов, по возможности с наибольшим коэффициентом трансформации. Обмотки с малым сопротивлением подключаются к выходам усилителей обоих каналов, обмотки с большим сопротивлением включаются последовательно встречно, и к ним подключается индикатор переменного напряжения (низкочастотный милливольтметр, осциллограф, наушники). Регулятор балансировки каналов настраивается на минимум показания индикатора. Если невозможно сбалансировать его на минимум, это значит, что низкочастотный сигнал на выходе каналов не имеет одинаковой полярности; тогда следует поменять местами питающие концы одного из трансформаторов.

Переключатель каналов и делитель напряжения. При настройке декодеров по стандартным стереофоническим сигналам, передаваемым радиовещательными передатчиками, очень полезным является

приспособление, схема которого приведена на рис. 173. Приспособление позволяет быстро переключать индикатор (осциллограф, низкочастотный милливольтметр) на выход левого или правого канала декодера и включать делитель 20 дБ. Приспособление подключается к приемнику, лучше всего к выходному разъему, предназначенному для записи на магнитофон. Поэтому целесообразно для подключения приспособления к приемнику использовать шнур приемник—магни-

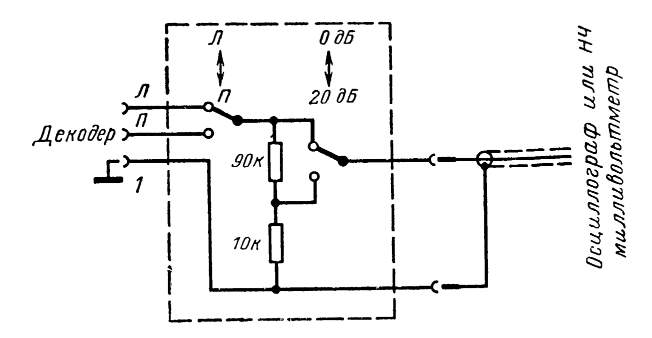


Рис. 173. Переключатель каналов и делитель 20 дБ.

тофон, в который может быть уже встроен фильтр нижних частот 19 и 38 кГц (рис. 80).

До начала передачи стереофонического стандартного сигнала приспособление подсоединяется к приемнику, и к нему подключается индикатор, например осциллограф. Потом ждут той части стандартного сигнала, в которой один канал модулирован гармоническим сигналом, а второй без модуляции; при включенном делителе осциллограф подключается к модулированному каналу и на экране осциллографа устанавливается определенная величина изображения. Потом быстро переключают осциллограф на немодулируемый канал, отключают делитель и соответствующими элементами настройки декодера устанавливают минимальную амплитуду изображения. При неизменной чувствительности вертикального усилителя осциллографа переходному затуханию 26 дБ соответствует половинная амплитуда осциллограммы. Этот метод позволяет настолько сократить время проверки и установки переходного затухания между каналами, что при ремонте можно обойтись очень короткой продолжительностью стандартного стереофонического сигнала.

2. ПОИСК НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ДЕКОДЕРАХ

Проверка схемы декодера. Часть проверочных работ при ремонте декодеров можно осуществить и без специальных измерительных приборов с помощью обыкновенных методов ремонта. Это прежде всего контроль потребляемого тока и постоянных напряжений в отдельных точках декодера и их сравнение со значениями, имеющимися в инструкциях по ремонту или схемах. Если нет необходимых данных, то при контроле исходят из общих предпосылок, которые

говорят, что ток эмиттера обычно используемых транзисторов находится в пределах 0,5—3 мА и равен току коллектора, что на базе каждого транзистора типа *p-n-p* напряжение должно быть на несколько десятых вольта более отрицательным, а у типов *n-p-n* более положительным, чем на эмиттере. Обычно между коллектором и эмиттером имеется напряжение несколько вольт. Отклонение измеренных значений указывает на изменение величины или на выход из строя какого-то резистора, короткое замыкание или утечку конденсатора или на плохой транзистор. Плохой транзистор обычно отличается повышенным рабочим током и очень малой разностью напряжения между коллектором и эмиттером (но подобное явление может быть вызвано и неисправным базовым делителем или закороченным эмиттерным сопротивлением).

Подозрительные транзисторы проверяются (после отключения) на измерителе параметров транзисторов, диоды измеряются с помощью омметра. Другие элементы (резисторы, конденсаторы) быстрее всего можно проверить заменой другими такой же величины, катушки предварительно проверяются на обрыв также с помощью омметра.

Часто с помощью таких простых методов удается обнаружить скрытую неисправность и отремонтировать декодер.

Контуры восстановителя поднесущей частоты проверяются с помощью источника сигнала 19 кГц и соответствующего индикатора. Источником сигнала может быть стереокодер, *RC*-генератор или прием стереофонической радиопередачи. Индикатором может служить низкочастотный милливольтметр или осциллограф. Низкочастотный сигнал 19 кГц подается на вход декодера, его уровень должен быть по возможности одинаковым с уровнем пилот-тона, подаваемого при приеме стереофонической передачи с дробного детектора на вход декодера. В случае, когда в качестве источника сигнала используется стереофоническая радиопередача, это условие, естественно, выполнено. Правильную величину входного сигнала 19 кГц для данного приемника можно определить измерением переменного напряжения на выходе дробного детектора при приеме любого передатчика средней мощности. Необходимая величина напряжения сигнала 19 кГц равна $^1/_{10}$ измеренного напряжения. Обычно это сотни милливольт.

После подключения сигнала 19 кГц к входу декодера проверяют с помощью милливольтметра величину переменного напряжения на базах и коллекторах транзисторов восстановителя, точки *а—д* (рис. 174). Амплитуда переменного напряжения на коллекторе транзистора должна быть приблизительно в 20 раз больше, чем на его базе; за удвоителем напряжение падает почти в 2 раза. Измеренные значения, естественно, в разных случаях различны, и, кроме способа включения транзистора, здесь оказывает влияние и число витков отдельных катушек резонансных контуров.

Работа удвоителя проверяется с помощью осциллографа, который вначале подключается в точку *в* и сразу после этого в точку *г*; число изображенных синусоид в точке *г* должно быть в 2 раза больше. Если это не так, то это означает наличие короткого замыкания или обрыва одного или обоих диодов удвоителя.

Без серьезного основания нельзя пытаться настраивать катушки контуров 19 и 38 кГц, так как после такого вмешательства необходимо их тщательно настраивать с помощью точной частоты пилот-тона и, кроме того, настраивать фазу на максимальное переходное затухание между каналами. Произвольная расстройка этих

контуров без квалифицированного вмешательства нежелательна.

С помощью сигнала 19 кГц у автоматических декодеров проверяется и работа переключающей автоматики. Момент переключения регистрирует лампочка стереоиндикатора или милливольтметр, подключенный к коллектору последнего транзистора восстановителя поднесущей частоты. Автоматика настраивается всегда по инструк-

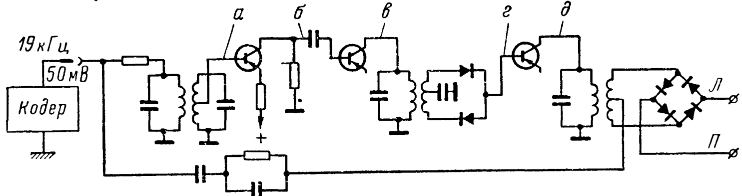


Рис. 174. Проверка работы восстановителя поднесущей частоты.

ции по ремонту и с помощью предписанных измерительных приборов.

После контроля работы восстановителя поднесущей частоты проверяется переходное затухание с помощью стереокодера или стандартного стереофонического сигнала.

Поиск неисправностей и их устранение. При поиске неисправностей у любого типа электронного оборудования можно выделить несколько десятков причин, составляющих примерно 80% всех неисправностей, которые при помощи инструкций по их устранению может устранить в короткое время и малоопытный радиолюбитель.

Такое выделение наиболее часто встречающихся неисправностей очень важно при серийном ремонте на производстве или в ремонтных мастерских и может быть с успехом осуществлено только для данного типа изделия.

Если же радиолюбитель встречается с большим количеством разных типов аппаратуры или имеет дело с ремонтом изредка, то лучше всего подробно ознакомиться с работой всех узлов аппаратуры и искать неисправность путем систематической проверки отдельных узлов.

В области ремонта декодеров из сказанного вытекает, что из-за большого количества типов и разнообразия схем не представляется возможным привести однозначную и простую инструкцию или назвать 10 возможностей, среди которых обязательно будет и «наша» неисправность. Поэтому приведенный в последующем тексте перечень типичных неисправностей по существу является только перечнем сведений, которые читатель, внимательно прочтя предыдущие разделы, должен получить, и, следовательно, не является инструкцией типа «не работает генератор — заменить резистор R_7».

1. Повышение уровня шумов при монофоническом приеме после установки декодера. Повышение уровня шумов, а иногда и искажения возникают, если после установки в приемнике простого декодера при монофоническом приеме декодер не отключается. У автоматических декодеров повышение уровня монофонического шума может быть обусловлено неисправно-

стью или неправильной настройкой переключающей автоматики — декодер постоянно включен в режим «стерео».

2. Повышение уровня шумов при стереофоническом приеме. При приеме стереофонического радиовещания уровень шума увеличивается больше, чем на 20 дБ, по сравнению с монофоническим приемом; увеличение вытекает из сущности стереофонической передачи. Повышение уровня шумов при стереофоническом приеме поэтому может быть обусловлено недостаточным высокочастотным напряжением с антенны. Другими причинами повышения уровня шума могут быть неисправность в восстановителе поднесущей частоты, неправильная настройка контуров 19 и 38 кГц (фазовая ошибка) — проверить и настроить переходное затухание между каналами или же перестроить контуры, неисправность в контурах декодера, через которые проходит весь КСС, — проверить форму КСС на электронном переключателе или кольцевом модуляторе с помощью осциллографа; неправильная настройка пороговой автоматики переключения моно-стерео; декодер переключается на стереофонический режим при слишком низком уровне входного напряжения.

3. Недостаточное переходное затухание между каналами. В данном случае проверяются также настройка и ширина полосы пропускания и S-кривая дробного детектора (проверяются высокочастотные стереофонические каналы). После этого устанавливается переходное затухание между каналами с помощью элементов настройки и подстройкой фазы поднесущей частоты; если это окажется необходимым, то проверяются и настраиваются также контуры 19 и 38 кГц восстановителя поднесущей частоты.

Недостаточное переходное затухание между каналами может быть вызвано прежде всего следующими причинами: неподходящий УПЧ приемника (малая ширина полосы пропускания, неравномерная групповая задержка), в который был поставлен декодер; малое расстояние между вершинами S-кривой дробного детектора, ее нелинейность и спад верхних частот на выходе детектора; расстройка или другая неисправность УПЧ или дробного детектора; расстройка контуров 19 и 38 кГц, вызванная неквалифицированным вмешательством в декодер; неправильная настройка регулирующих элементов декодера, предназначенных для установки максимального переходного затухания между каналами (резисторы или потенциометры настройки); большая несимметричность электронного переключателя или детектора в декодере (ухудшение параметров диодов, изменение величины резисторов, конденсаторов); неправильное соотношение суммарного и разностного сигналов на выходной матричной схеме, вызванное в случае матричных декодеров неисправностями в основном или вспомогательном каналах передачи.

4. Переходное затухание между каналами близко или равно единице (не происходит разделения каналов). Это вызвано грубым нарушением работы декодера и прежде всего: автоматический декодер вследствие неисправности или неправильной настройки переключающей автоматики постоянно включен на монофонический режим; неисправность в контуре восстановителя поднесущей частоты (проверить или настроить контуры 19 и 38 кГц восстановителя); неисправны электронный переключатель или детектор декодера (короткое замыкание или обрыв диода, резистора или конденсатора в его схеме); с выхода дробного детектора приемника, в которой был установлен декодер, забыли отключить цепь компенсации предыскажений.

ПРИСПОСОБЛЕНИЕ СТАРЫХ ТИПОВ ПРИЕМНИКОВ ДЛЯ СТЕРЕОФОНИЧЕСКОГО ПРИЕМА

В данном разделе книги будет рассмотрен вопрос приспособления старых типов УКВ приемников для стереофонического приема.

1. ПОДКЛЮЧЕНИЕ ДЕКОДЕРА И ДОРАБОТКА УСИЛИТЕЛЕЙ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ

С точки зрения приспособления для приема стереофонического радиовещания радиоприемники можно разделить на следующие три группы: стереофонические приемники, уже подготовленные для дополнительной установки декодера, но которые продаются без него; радиоприемники, имеющие возможность стереофонического воспроизведения с грампластинок или магнитофона; остальные приемники с УКВ диапазоном.

1. Приемники, подготовленные для радиовещательной стереофонии, приспосабливаются легче всего, так как, кроме установки декодера и регулировки переходного затухания, они не требуют никаких приспособлений. Это по существу стереофонические радиоприемники, которые поступили в продажу еще до начала стереофонического радиовещания, и, учитывая цену, декодеры в них не устанавливались, но было предусмотрено их простое включение в случае необходимости *.

В Чехословакии к этому типу приемников относятся радиолы Capricio и Capella, выпускавшиеся в 1967 г. заводом TESLA Братислава.

Приемники, подготовленные для радиовещательной стереофонии, часто имеют многополюсную штепсельную розетку, в которую можно просто включить декодер и затем необходимо только настроить переходное затухание через весь тракт приемника. Чехословацкие приемники этого типа должны были быть первоначально приспособлены для декодера TSD3A, но потом поставлялись в большинстве случаев только с угольником, к которому можно прикрепить декодер. Соединения с соответствующими точками приемника необходимо осуществить с помощью проводов.

2. Приемники старого типа, имеющие возможность только низкочастотного стереофонического воспроизведения (в ЧССР приемники Echo stereo Koncert stereo), требуют, кроме размещения декодера, доработки УПЧ и дробного детектора. Доработка таких приемников поэтому является более сложной, и ее можно рекомендовать только опытным радиолюбителям, которые имеют необходимые измерительные приборы. Если декодер устанавливается в приемник без соответствующей доработки, то нельзя ожидать удовлетворительного результата.

3. УКВ приемники, которые не имеют даже двухканального низкочастотного усилителя, требуют еще более значительной доработки. Приспособление УПЧ и дробного детектора производят в том же

---

* В Советском Союзе к таким приемникам относятся отдельные партии радиол «Ригонда-стерео» и «Симфония». (*Прим. ред.*)

плане, как и в предыдущем случае, но необходимо еще добавить второй низкочастотный усилитель. Второй канал низкочастотного усилителя должен быть полностью идентичен первому каналу. Поэтому необходимо либо встроить в приемник еще один низкочастотный усилитель, построенный точно по той же схеме, либо низкочастотный усилитель приемника исключить вообще, а сигнал с декодера подвести к самостоятельному двухканальному усилителю. Такая доработка требует значительных затрат, и после ее выполнения может оказаться, что из первоначального приемника не использовано почти ничего, кроме ящика. Для получения возможности стереофонического воспроизведения с грампластинок достаточно на предусмотренное в приемнике место поместить еще одну плату низкочастотного тракта, добавить вторые регуляторы громкости и тембра и осуществить необходимые соединения.

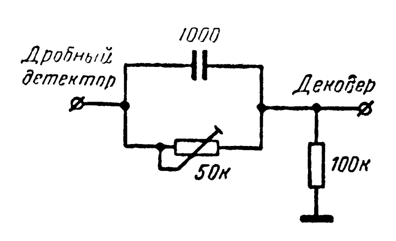


Рис. 175. RC-звено, включаемое на выходе дробного детектора для компенсации подавления верхних частот.

При установке декодера в любой приемник необходимо соблюдать следующие правила:

1. Усилитель промежуточной частоты и дробный детектор должны обеспечить требуемую ширину полосы пропускания.

2. Вход декодера подключается к дробному детектору всегда перед цепью компенсации предыскажений.

3. Декодер не должен слишком нагружать выход дробного детектора приемника, т. е. его входное сопротивление должно быть всегда на порядок выше, чем выходное сопротивление дробного детектора. Отсюда вытекает, что для дробного детектора на германиевых диодах минимальное входное сопротивление декодера должно составлять несколько десятков килоом, для дробного детектора на лампах — больше 100 кОм.

4. Одновременно необходимо обеспечить, чтобы декодер не был слишком нагружен УНЧ. Достаточным входным сопротивлением УНЧ можно считать сопротивление 100 кОм. В противном случае необходимо подумать о включении эмиттерных повторителей.

5. Необходимо проверить, находится ли переменное напряжение, получаемое с выхода дробного детектора приемника, в пределах допустимых входных напряжений декодера. В противном случае возникнут искажения сигнала или будет неправильно работать схема автоматического переключения моно-стерео.

6. Необходимо проверить, содержит ли декодер регулируемое LC- или RC-звено для компенсации спада верхних частот в УПЧ приемника. Целесообразно соединить выход дробного детектора приемника с входом декодера через компенсирующее RC-звено, например, как на рис. 175.

7. Если в приемнике заранее не предусмотрено места для монтажа декодера, то его выбирают так, чтобы декодер был удален от силового трансформатора, встроенного УКВ диполя и всех нагревающихся элементов.

8. С точки зрения температуры при доработке старых типов приемников на лампах предпочитают ламповые декодеры, так как транзисторы более чувствительны к изменениям температуры. Преимуществами транзисторного декодера являются прежде всего малая потребляемая мощность (что в некоторых случаях может иметь большое значение), а также малые габариты. Что касается стоимости, то ламповый декодер, содержащий, как правило, одну лампу, по сравнению с транзисторным декодером на двух—четырех транзисторах является пока что более выгодным. В настоящее время в выпускаемой промышленностью аппаратуре почти полностью используют декодеры на транзисторах как в транзисторных, так и в ламповых приемниках.

При доработке УПЧ у чехословацких приемников Teslaton, Echo stereo, Koncert stereo и подобных типов, у которых схемы УПЧ и дробного детектора почти одинаковы, рекомендуется соблюдать следующую последовательность:

а) резистор в RC-звене ограничителя (у приемника Teslaton $R_{102}=220$ кОм) заменить резистором 39 кОм;

б) блокирующий конденсатор на низкочастотном выходе дробного детектора (у приемника Teslaton $C_{118}=330$ пФ) заменить конденсатором 220 пФ;

в) у второго трансформатора промежуточной частоты ЧМ (он находится между лампами ECH81 и EBF89) отмотать с первичной и вторичной обмотки по четыре витка;

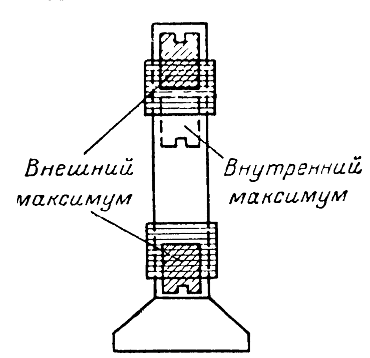


Рис. 176. При настройке катушки трансформатора промежуточной частоты всегда можно найти два максимума настройки. Обычно используется настройка на внешний максимум.

г) с первичной обмотки дробного детектора отмотать пять витков;

д) УПЧ и дробный детектор настроить в соответствии с инструкцией по настройке Если нет инструкции, то настройку производят одним из методов, приведенных на стр. 156 (лучше всего с использованием генератора качающейся частоты).

Выполнив указанные действия, можно приспосабливаемый усилитель наиболее простым способом подготовить для стереофонического приема. С уменьшением числа витков связь резонансных контуров становится более сильной, чем при сохранении чувствительности достигается бо́льшая ширина полосы пропускания. Хотя это происходит за счет увеличения групповой задержки ($kQ>1$), на практике это, однако, не оказывает вредного действия. При настройке резонансных контуров со связью больше критической никогда нельзя забывать шунтировать второй, ненастраиваемый в данный момент контур сопротивлением 10 кОм! Если окажется, что у второго трансформатора уже перед доработкой какой-либо сердечник в среднем положении и после отмотки контур нельзя будет на-

строить, то оставляют исходное число витков, но сердечник перестраивают на внутренний максимум (рис. 176). При настройке сердечника на внутренний максимум увеличивается связь резонансных контуров.

Ширина полосы пропускания таким способом перестроенного УПЧ составляет примерно 180—200 кГц. Если эта полоса окажется узкой, то можно дополнительно зашунтировать четыре резонансных контура второго трансформатора промежуточной частоты и дробного детектора с помощью сопротивлений 56 кОм. Ширина полосы пропускания при этом увеличивается до 280 кГц, но уменьшается чувствительность. Такое решение целесообразно прежде всего там, где стереофонически принимается только местный передатчик.

Если желательно при доработке добиться большой ширины пропускания при неизменной или же даже улучшенной чувствительности, то доработка производится более сложным способом, а именно: либо заменой лампы промежуточной частоты пентодом с большей крутизной (например, EF183), либо добавлением еще одного каскада промежуточной частоты. Первый способ успешно проверен для приемника Teslaton, а второй для приемника Variace.

2. ДЕКОДЕР НА ЛАМПАХ (ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ)

В качестве примера руководства по конструированию декодера на лампах был выбран декодер с перекрестным детектором, схема которого приведена на рис. 94.

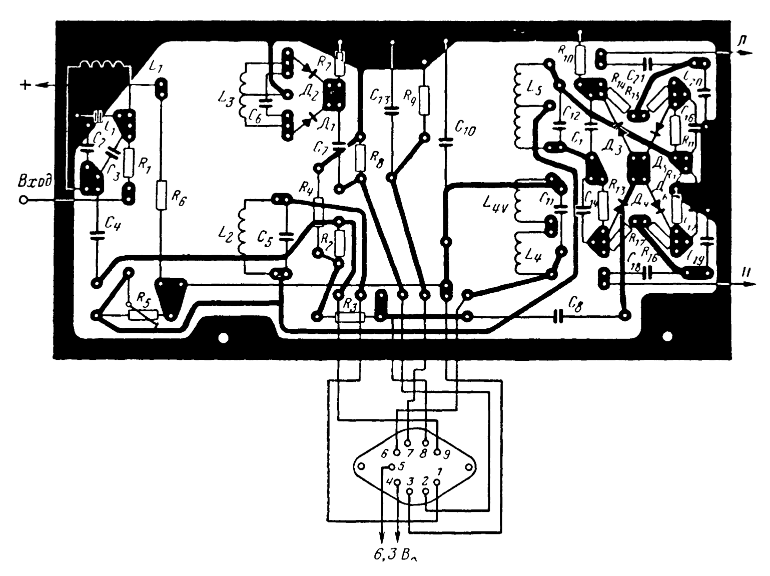


Рис. 177. Печатная плата лампового декодера.

Декодер состоит из печатной платы, на которой расположены почти все его элементы, и крепежного угольника, к которому с по-

мощью винтов М3×20 прикреплена панель электронной лампы. На рис. 177 показано расположение элементов на печатной плате декодера и подключение выводов панели электронной лампы.

Катушки резонансных контуров L_1, L_4 и L_5 намотаны в броневых сердечниках из феррокарта, внешний диаметр которых 26 мм. Катушка L_1 имеет 1040 витков медной проволоки ⌀ 0,1 мм, катушка

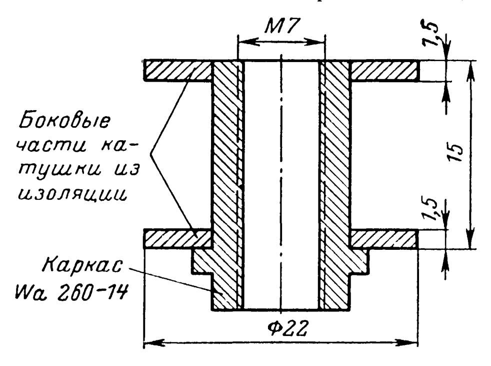


Рис. 178. Каркас для катушки L_2, L_3.

L_4 — 1120 витков медной проволоки ⌀ 0,1 мм, катушка L_5 — 2×450 витков медной проволоки ⌀ 0,1 мм, намотанных бифилярно, и L_5 — 160 витков медной проволоки ⌀ 0,1 мм, намотанных на L_5 в общем замкнутом сердечнике.

Катушка L_2, L_3 намотана на отдельном каркасе с ферритовым сердечником 7×30 мм из материала H11. Каркас можно сделать самим, наклеив две боковые щечки диаметром 22 мм на корпус катушки с диаметром сердечника 7 мм, как показано на рис. 178. Катушка L_2 имеет 880 витков медной проволоки диаметром 0,13 мм, катушка L_3 — 2×670 витков медной проволоки диаметром 0,1 мм, намотанных бифилярно на обмотку L_2.

Несущая конструкция и угольники показаны на рис. 179.

Диоды $Д_3$—$Д_6$ (2GA206) должны быть идентичными по параметрам и иметь одинаковые статические и динамические характеристики. На практике достаточно использовать две и две пары диодов по порядку, необходимо, однако, учитывать то, что на выходе может появиться большее высокочастотное паразитное напряжение, чем предполагается теоретически.

Включение и настройка декодера:

К декодеру подключается напряжение накала 6,3 В и анодное напряжение 180—200 В. После нагрева измеряется постоянное напряжение на анодах ламп, его значение должно быть примерно 130 В. На катоде триода должно быть напряжение около 20 В, на катоде пентода примерно 2—3 В. Общий анодный ток, потребляемый декодером, составляет примерно 12 мА.

На вход декодера подается сигнал 19 кГц∓2 Гц величиной 100 мВ, низкочастотный милливольтметр или осциллограф подключается через разделительное сопротивление 100 кОм на управляющую сетку пентода, а сердечник катушки L_3 настраивается на максимальное отклонение индикатора. Милливольтметр или осциллограф

подключается к какому-либо из выводов конденсатора C_{10} и шасси, и настраивается полосовой фильтр 38 кГц. На максимум он настраивается сердечниками катушек L_4 и L_5, причем ненастраиваемую в данный момент катушку шунтируют сопротивлением 2,2 кОм. Выходное напряжение поднесущей частоты на обоих выводах конденсатора C_{10} должно быть примерно 7 В.

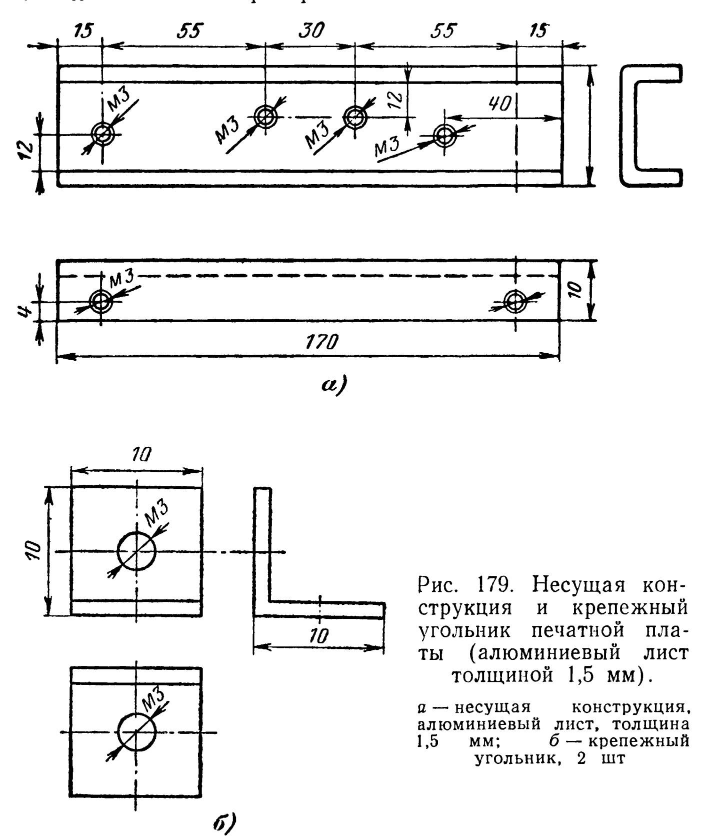


Рис. 179. Несущая конструкция и крепежный угольник печатной платы (алюминиевый лист толщиной 1,5 мм).

а — несущая конструкция, алюминиевый лист, толщина 1,5 мм; *б* — крепежный угольник, 2 шт

Таким образом, предварительно настраиваются резонансные контуры 19 и 38 кГц восстановителя поднесущей частоты, и остается настроить фазу поднесущей и переходное затухание между каналами с помощью стереокодера или стандартного стереофонического сигнала.

Стереокодер подключается к входу декодера, и подается модуляция 1 кГц только в одном канале. На выход второго канала подключается через фильтр нижних частот милливольтметр или осциллограф. Потом устанавливается минимальное значение выходно-

го напряжения поочередно точной подстройкой индуктивности катушки L_3, настройкой катушки L_1 и изменением положения движка потенциометра R_5. Переходное затухание между каналами после настройки на 1 кГц должно быть хотя бы 30—35 дБ.

3. ТРАНЗИСТОРНЫЙ ДЕКОДЕР (ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ)

Схема простого транзисторного декодера, пригодного для любительской практики, приведена на рис. 180. Декодер работает на принципе полярного детектирования, а поднесущая частота образуется путем удвоения частоты пилот-тона с помощью удвоителя на диодах. Декодер может быть постоянно включен между дробным детектором и УНЧ приемника, и ручного переключения моно-стерео не требуется. Однако он не имеет пороговой автоматики, и поэтому при монофоническом приеме и приеме очень слабых стереофонических передатчиков рекомендуется переключать его вручную на монофонический режим, закорачивая контур L_3 декодера переключателем. При этом стереофоническая программа принимается монофонически, но отношение сигнал/шум значительно улучшается. Для индикации стереофонической передачи в декодере имеется транзистор T_4 с соответствующей схемой и лампочкой индикации, которая при приеме стереофонических программ зажигается. Общее ослабление монофонического сигнала в декодере составляет примерно 5 дБ.

Декодер пригоден для установки как в транзисторные, так и в ламповые приемники, имеет высокое входное сопротивление, и питание его можно осуществлять без изменения значений элементов от источника постоянного напряжения в пределах 6—15 В. Изменяется только максимально допустимое действующее значение напряжения, подаваемого на вход декодера. Оно составляет при напряжении питания 9 В примерно 1,5 В, а при напряжении питания 15 В возрастает до 4 В.

Схема. Транзистор T_1 для КСС работает как эмиттерный повторитель; этим и введением отрицательной обратной связи с эмиттера на базу транзистора достигается большое входное сопротивление декодера. Поэтому дробный детектор приемника нагружен мало, что позволяет сохранить хорошее подавление амплитудной модуляции. Для дальнейшей обработки КСС снимается с резистора R_5 и подается через звено R_{18}, C_{13} на полярный детектор. Пилот-тон отделяется от КСС в коллекторной цепи транзистора T_1 и подается на резонансный контур 19 кГц L_1, C_4. Затем частота пилот-тона удваивается с помощью диодов $Д_1$, $Д_2$, и тем самым создается напряжение поднесущей частоты.

Рабочая точка транзистора T_1 выбирается так, чтобы декодер при напряжении источника питания 15 В пропускал сигналы, действующее значение которых на входе достигает 4 В. Усиление пилот-тона транзистором T_1 вследствие выбранной таким образом рабочей точки равно приблизительно единице. Чтобы между базой и эмиттером не возникало фазовых сдвигов отдельных составляющих КСС, в качестве транзистора T_1 использован высокочастотный транзистор OC170.

Поднесущая частота 38 кГц, возникающая в удвоителе, усиливается транзисторами T_2 и T_3. При выходном напряжении пилот-тона, большем 100 мВ, на коллекторе транзистора T_3 насыщенное значе-

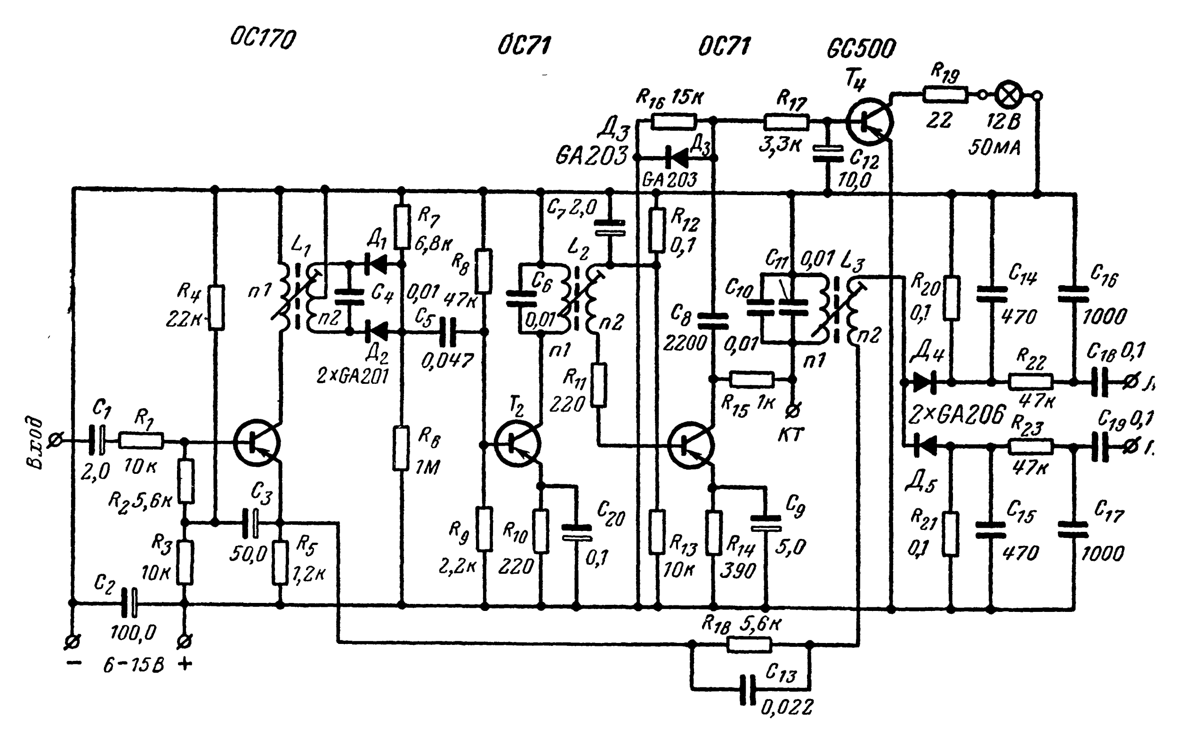


Рис. 180. Схема транзисторного декодера, пригодного для радиолюбителей.

ние напряжения поднесущей частоты составляет примерно 3 В. Даже в том случае, когда транзистор T_3 при максимальных напряжениях поднесущей частоты перевозбужден, ни результирующая фаза, ни амплитуда выходного напряжения 38 кГц не изменяются. Ограничение напряжения поднесущей частоты до значения насыщения достигается с помощью резистора R_{15} в коллекторной цепи транзистора T_3. Результирующая добротность резонансного контура L_3, C_{10}, C_{11} сравнительно низка, и при параллельной емкости 20 000 пФ резонансное сопротивление его составляет примерно 15 кОм. Даже если внутреннее сопротивление транзистора T_3 значительно уменьшится вследствие перевозбуждения, в контуре не возникает больших искажений или изменений фазы поднесущей частоты.

Небольшое резонансное сопротивление резонансного контура с катушкой L_3 создает еще одно преимущество. Поднесущую частоту можно добавлять к КСС путем последовательного включения обоих источников напряжения. Так как следующий контур с диодами имеет сравнительно большое сопротивление, то КСС подается через обмотку связи контура L_3 на диоды $Д_4$, $Д_5$ почти без фазового сдвига. На них таким образом попадает сигнал от источника с малым внутренним сопротивлением. Это препятствует возникновению нежелательных продуктов перекрестной модуляции между отдельными составляющими КСС и поднесущей частоты.

Корректирующее звено R_{18}, C_{13}, кроме выполнения других функций, компенсирует также подавление верхних частот в УПЧ и дробном детекторе приемника. Если заменить резистор R_{18} потенциометром 10 кОм, то в некоторых случаях можно достичь улучшения переходного затухания между каналами в приемнике.

Диоды $Д_4$ и $Д_5$ детектора при отсутствии напряжения поднесущей частоты удерживаются в открытом состоянии постоянным смещением, полученным путем подключения резисторов R_{20} и R_{21} к положительному или отрицательному полюсу источника питания. Поэтому диоды пропускают монофонический сигнал без искажений одинаково на вход обоих каналов низкочастотного усилителя. При приеме стереофонического сигнала это смещение из-за больших сопротивлений резисторов R_{20} и R_{21} и малого внутреннего сопротивления источника 38 кГц перестает действовать.

Напряжение для стереоиндикации получается выпрямлением напряжения поднесущей частоты диодом $Д_3$. Выпрямленное напряжение, достигнув определенного значения, открывает транзистор T_4, и лампочка, включенная в коллекторную цепь, зажигается.

При приеме удаленных стереофонических передатчиков принимаемый сигнал сопровождается сильным шумом (как известно, по крайней мере на 20 дБ большим, чем при монофоническом приеме). Такой передатчик можно принимать с меньшим шумом монофонически. Для этой цели можно использовать закорачивающий переключатель, подключенный параллельно резонансному контуру L_3 (между точкой *Кт* и отрицательным полюсом питания)

Конструкция. Декодер использует печатный монтаж; печатная плата имеет размеры 114×56 мм, на ней расположены все элементы декодера (рис. 181). Вид печатной схемы декодера в масштабе 1 : 1 представлен на рис. 182. На рис. 183 приведено расположение деталей на печатной плате декодера (вид со стороны деталей).

Катушки резонансных контуров L_1, L_2 и L_3 намотаны в броневых сердечниках из феррокарта Их внешний диаметр равен 14 мм,

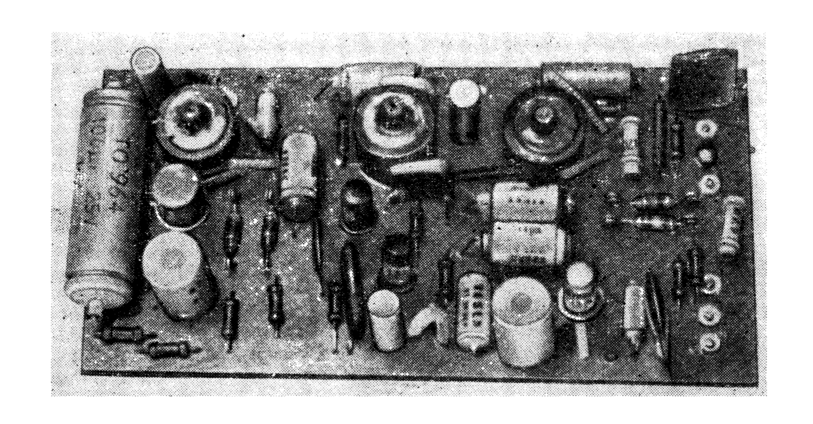


Рис. 181. Печатная плата транзисторного декодера.

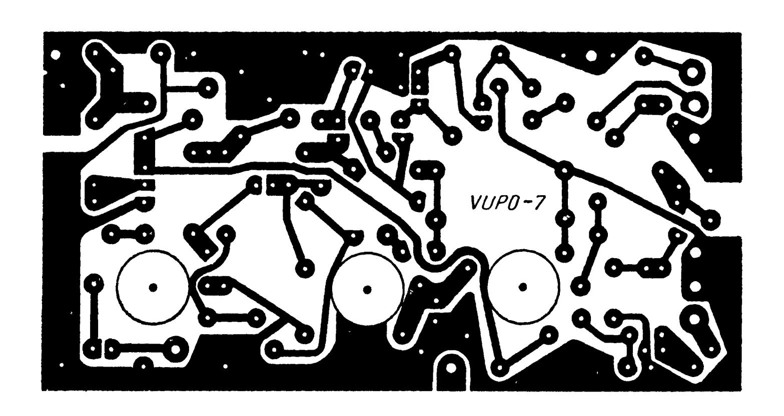


Рис. 182. Вид печатной схемы транзисторного декодера.

тип *D*14 ČSN358462. Для получения большей индуктивности подстроечные сердечники из феррокарта М4 заменены ферритовыми сердечниками М4×12, лучше всего из материала Н 11. Число витков, диаметр проводов и индуктивности отдельных катушек в настроенном состоянии приведены в табл. 2.

Броневые сердечники после намотки и сборки заливают воском и наклеивают на печатную плату декодера. Катушки отдельных резонансных контуров можно изготовить и на ферритовых сердечниках других типов, например в броневых ферритовых сердечниках диаметром 14 мм и т. д. При использовании других видов ферритовых сердечников необходимо обеспечить нужные индуктивности и отно-

Таблица 2

Технические данные катушек транзисторного декодера

Катушка	Обмотка	Число витков	Диаметр провода, мм	Индуктивность, мГн
L_1	n_1 n_2	190 2×300	0,08 0,08	— 6,8
L_2	n_1 n_2	300 40	0,08 0,18	3,4 —
L_3	n_1 n_2	200 170	0,1 0,1	1,7 —

шение между числами витков резонансных катушек и катушек связи в каждом из резонансных контуров.

Включение и настройка декодера. Декодер подключается к источнику питания 12 В (обратить внимание на поляр-

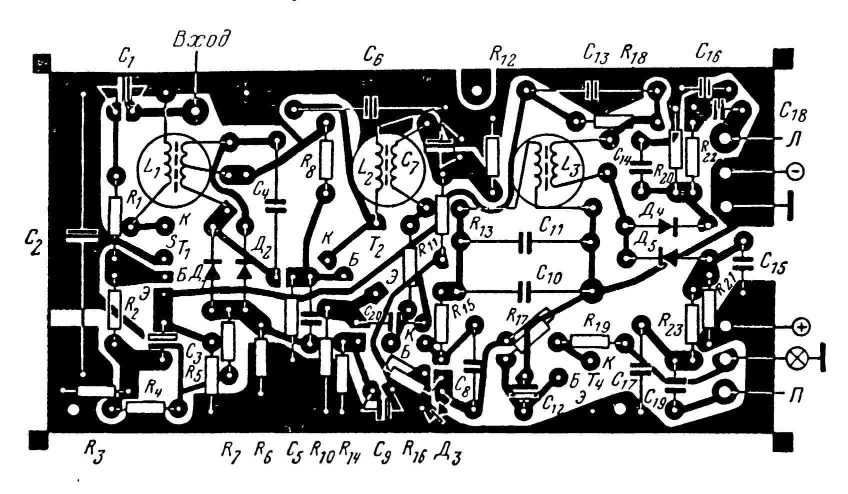


Рис. 183. Расположение деталей на печатной плате.

ность!). Общий потребляемый ток должен составлять примерно 8 мА. Вольтметром постоянного напряжения на эмиттерных сопротивлениях измеряются падения напряжения, величины которых должны быть при отсутствии переменного напряжения на входе декодера у отдельных транзисторов приблизительно таковы: у T_1 — 3 В, у T_2 — 0,3 В, у T_3 — 0,8 В. После подачи КСС на вход декодера и после настройки резонансных контуров общий потребляемый ток при стереоиндикации возрастает до 60 мА.

На вход декодера подается напряжение пилот-тона 19 кГц∓2 Гц величиной примерно 100 мВ. Низкочастотный милливольтметр или осциллограф подключается с помощью как можно более коротких неэкранированных проводов к точке измерения *Кт*. Сердечники катушек резонансных контуров L_1, L_2 и L_3 последовательно настраиваются на максимальную величину выходного напряжения. Если напряжение на милливольтметре превысит 2 В, то уровень входного сигнала пилот-тона уменьшают так, чтобы во время настройки не слишком превышалось значение 2 В.

Для установки переходного затухания между каналами самого декодера на его вход подается КСС с уровнем напряжения пилот-

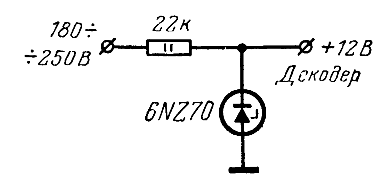


Рис. 184. Питание транзисторного декодера в ламповом приемнике.

тона примерно 100 мВ, модуляция 1 кГц только в одном канале, низкочастотный милливольтметр или осциллограф подключается через фильтр нижних частот к выходу второго канала. Максимальное переходное затухание между каналами устанавливается изменением фазы поднесущей частоты путем точной настройки сердечников катушек L_1—L_3.

У настроенного декодера можно еще проверить с помощью низкочастотного милливольтметра уровень напряжения пилот-тона и поднесущей частоты на коллекторах отдельных транзисторов. При входном уровне пилот-тона 50 мВ на коллекторах отдельных транзисторов должен быть примерно следующий уровень переменного напряжения: у T_1 — 50 мВ, у T_2 — 900 мВ, у T_3 — 3 В.

После установки в приемник необходимо еще раз выставить переходное затухание между каналами через весь приемник с помощью высокочастотного сигнала со стереокодера или с помощью стереофонического тест-сигнала. Если не будет достигнуто приемлемого переходного затухания между каналами, то между дробным детектором и декодером следует включить корректирующее звено (рис. 175). Переходное затухание устанавливается поочередно переменным сопротивлением корректирующего звена и сердечниками катушек. Если это не поможет, то, значит, дробный детектор или УПЧ приемника имеют слишком узкую полосу пропускания.

В случае, если описываемый транзисторный декодер используется в ламповых приемниках, его можно питать анодным напряжением, используя добавочное сопротивление и опорный диод по схеме, которая приведена на рис. 184.

ПРИЛОЖЕНИЕ

СОВЕТСКАЯ СИСТЕМА СТЕРЕОФОНИЧЕСКОГО РАДИОВЕЩАНИЯ С ПОЛЯРНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

В основу советской системы стереофонического радиовещания положены полярно-модулированные колебания (ПМК), т. е. колебания, в которых огибающая положительных амплитуд поднесущей частоты изменяется в соответствии с одним сигналом, а огибающая отрицательных амплитуд — в соответствии с другим сигналом, как показано на рис. П-1.

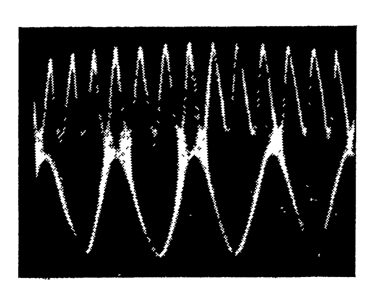


Рис. П-1. Полярно-модулированное колебание.

В отличие от обычных амплитудно-модулированных колебаний (АМК) ПМК позволяют передать одновременно не одну, а две информации. При стереофоническом вещании один из сигналов — левый стереофонический сигнал (A), а другой — правый сигнал (B).

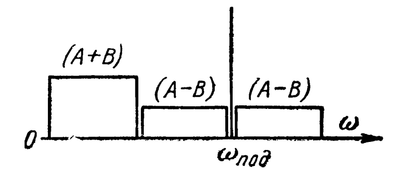


Рис. П-2. Спектр полярно-модулированного колебания.

Спектр ПМК (рис. П-2) содержит тональную (низкочастотную) часть, являющуюся суммой сигналов ($A+B$), и надтональную часть, представляющую собой АМК, причем модулирующим сигналом является разность сигналов ($A-B$).

Уравнение ПМК может быть записано в виде

$$U=(U_A+U_B)+[U_0+(U_A-U_B)]\sin\omega_{под}t,$$

где $\dot{U}_A$ и $\dot{U}_B$ — сигналы в каналах $\dot{A}$ и $\dot{B}$; $\dot{U}_0$ — уровень поднесущей частоты $\omega_{под}$.

Для получения комплексного стереосигнала (КСС) уровень поднесущей частоты в ПМК частично подавляется. Это позволяет выиграть в отношении сигнал/шум и уменьшить потери в громкости при моноприеме стереопередачи.

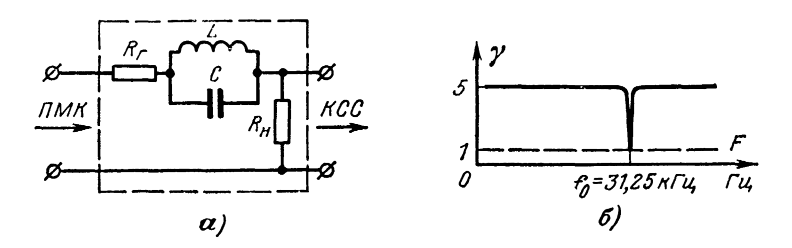


Рис. П-3. Схема подавления поднесущей частоты и частотная характеристика схемы.

Для подавления поднесущей частоты применяется стандартная схема, показанная на рис. П-3, *а*. В этой схеме $R_г$ — выходное сопротивление источника напряжения, $R_н$ — сопротивление нагрузки, LC — колебательный контур с добротностью $Q=100$, настроенный точно на поднесущую частоту 31,25 кГц.

В схеме должно быть выдержано соотношение

$$Z_{рез} = 4(R_г + R_н),$$

где $Z_{рез}$ — резонансное сопротивление контура:

$$Z_{рез} = \omega_{под} LQ = Q/\omega_{рез} C.$$

При этом модуль коэффициента передачи схемы подавления поднесущей частоты равен:

$$\gamma = \frac{R_н}{R_н + R_г} \sqrt{\frac{1 + x^2}{25 + x^2}},$$

где

$$x = \frac{2(\omega - \omega_{под})}{\omega_{под}} Q.$$

Схема подавления поднесущей частоты создает частотную характеристику с резким спадом в области поднесущей частоты, как показано на рис. П-3, *б* (коэффициент передачи на частоте $\omega_{под}$ принят равным единице).

На рис. П-4 показаны осциллограммы ПМК для следующих случаев модуляции: *а* — сигналы в обоих каналах одинаковы ($A=B$); *б* — сигналы находятся в противофазе ($A=-B$); *в* — сигнал в канале B отсутствует ($B=0$).

На рис. П-5, *а*, *б* и *в* показаны осциллограммы КСС для тех же случаев модуляции.

Структурная схема тракта стереофонической радиопередачи по системе с полярной модуляцией показана на рис. П-6. Сигналы A и B поступают на схему предыскажений *1* с постоянной времени 50 мкс, затем на полярный модулятор *2* и контур подавления поднесущей частоты *3*. Образовавшийся КСС модулирует УКВ передатчик *4*. Полярный модулятор и контур подавления поднесущей обычно объединяются вместе со схемами предыскажений в один блок — модулятор стереосигнала (стереокодер).

Основные параметры системы с полярной модуляцией следующие.

Частота поднесущей	31 250±2 Гц
Максимальная глубина модуляции в ПМК	80%
Коэффициент подавления амплитуды колебания с частотой поднесущей . . .	14±0,2 дБ
Добротность резонансного контура схемы подавления	100±5
Постоянная времени предыскажений сигналов A и B	50 мкс
Максимальная девиация частоты УКВ передатчика	±50 кГц
Максимальная девиация частоты, вызываемая сигналом ($A+B$), кГц:	
при $A=B$	±40
при $A=0$ или $B=0$	±20
при $A=-B$	0±1
Максимальная девиация частоты, вызываемая сигналом ($A-B$), кГц:	
при $A=B$	0±1
при $A=0$ или $B=0$	±20
при $A=-B$	±40
Девиация частоты, вызываемая остатком частично подавленной поднесущей . .	±(10±1) кГц

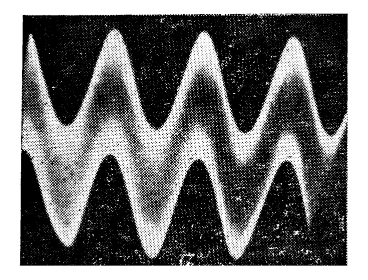
Модуляция УКВ передатчика осуществляется так, чтобы положительным напряжениям КСС соответствовало увеличение частоты излучения, а отрицательным — ее уменьшение. Иначе говоря, передача сигнала A соответствует увеличению частоты передатчика, а передача сигнала B — уменьшению частоты.

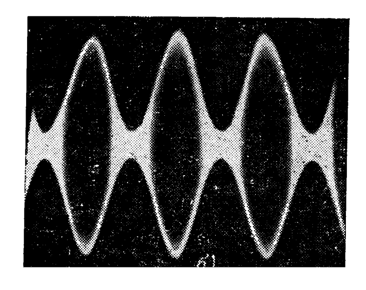
При приеме стереофонической передачи с полярной модуляцией сигнал обычным путем проходит через высокочастотный тракт приемника, а на выходе частотного детектора появляется КСС. После восстановления уровня поднесущей частоты КСС преобразуется в ПМК. Восстановитель поднесущей частоты и детектор ПМК обычно объединены в приемнике в один блок — стереодекодер, на выходе которого образуются исходные стереосигналы A и B.

Для восстановления уровня поднесущей частоты применяется стандартная схема, показанная на рис. П-7, *а* и имеющая коэффициент передачи (рис. П-7, *б*).

Контур *LC* должен иметь добротность $Q=100$ и быть настроенным точно на поднесущую частоту. Остальные соотношения в схеме: $Z_{рез}=4R$; $R_г>5Z_{рез}$.

Для детектирования ПМК могут применяться те же методы, которые описаны в книге К Годинара. Для системы с полярной модуляцией наибольшее применение нашли матричные декодеры и деко-





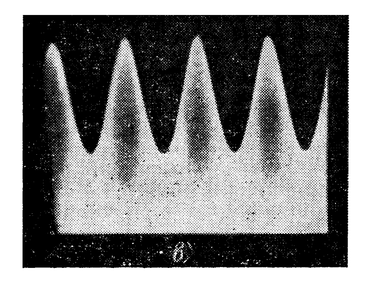
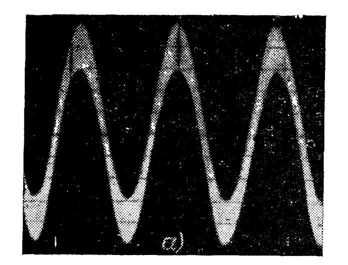


Рис. П-4. Осциллограммы ПМК при разных модулирующих сигналах.

деры с полярным детектором. Декодеры с разделением по времени получаются более сложными, так как для управления переключателем каналов приходится применять специальные схемы выделения поднесущей частоты.

На рис. П-8 показана схема матричного декодера для системы с полярной модуляцией.

На входе декодера расположена корректирующая схема $R_1C_1R_3$. Она компенсирует спад частотной характеристики на верхних частотах спектра КСС, который возникает при прохождении сигнала через высокочастотный тракт приемника. После усиления (транзистор T_1) тональная часть КСС проходит через схему компенсации предыскажений R_6C_5, образуя сигнал $(A+B)$. Надтональная часть КСС подавляется схемой компенсации предыскажений. В то же время КСС поступает на схему восстановления поднесущей частоты, собранную на транзисторе T_2. Контур схемы восстановления имеет



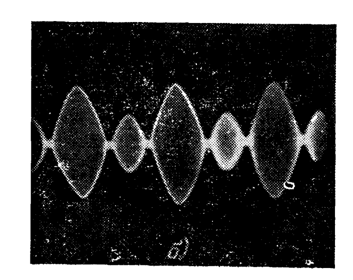


Рис. П-5. Осциллограммы КСС при разных модулирующих сигналах.

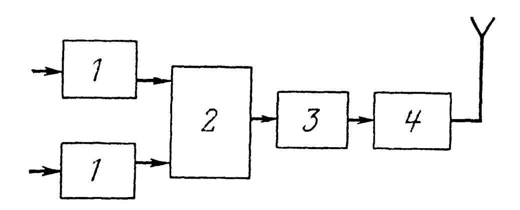


Рис. П-6. Структурная схема тракта стереофонической передачи по системе с полярной модуляцией.

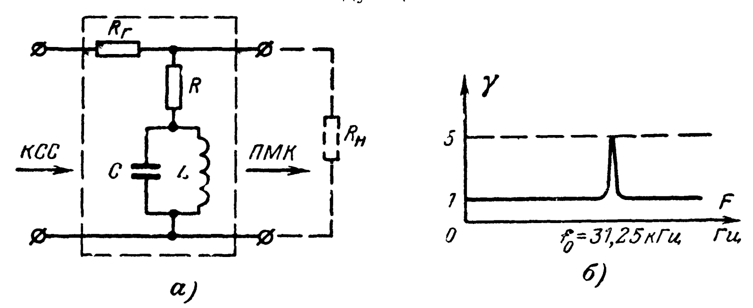


Рис. П-7. Схема восстановления поднесущей частоты и частотная характеристика схемы.

добротность около 40, но с помощью положительной обратной связи эта добротность доводится до 100.

Величину добротности можно регулировать с помощью потенциометра R_{10}.

Полученные после восстановления поднесущей ПМК поступают на резонансный усилитель, собранный на транзисторе T_3. Контур L_3C_8 настроен на поднесущую частоту. Он подавляет сигнал $(A+B)$, а для сигнала $(A—B)$ играет роль схемы компенсации предыскажений. Для этого его добротность (с учетом влияния схемы) должна быть около 5. С контуром связан балансный детектор $Д_1—Д_4$, выделяющий сигнал $(A—B)$. На выходах *6* и *7* декодера происходит сложение и вычитание сигналов по формулам $(A+B)+(A—B)=$ $=2A$, $(A+B)—(A—B)=2B$.

Потенциометры R_{21} и R_{22} служат для установки максимальных переходных затуханий между каналами. Декодер содержит также схему индикации моно-стерео. При появлении поднесущей частоты (стереопередача) она поступает с коллектора T_3 на составной транзистор $T_4—T_5$. При этом зажигается сигнальная лампочка, которая может быть установлена на передней панели приемника.

Методика настройки стереодекодеров по системе с полярной модуляцией описана в [Л. 15].

Системы стереофонического радиовещания с полярной модуляцией и с пилот-тоном имеют много общего и равноценны по качеству звучания. Однако в условиях СССР система с полярной модуляцией имеет преимущества.

Первым преимуществом является более узкий спектр частот КСС (46,25 кГц вместо 53 кГц) и соответственно более узкий спектр передачи в эфире. Это дает возможность разместить в диапазоне УКВ большее количество радиостанций и сузить полосы пропускания тракта стереофонических приемников до 140—190 кГц на уровне 6 дБ.

Вторым преимуществом является возможность использования той же системы для стереофонического сопровождения телевизионных передач. Это определяется тем, что в системе с полярной модуляцией поднесущая частота равна второй гармонике частоты строк телевизионного изображения (15,625×2=31,250 кГц) и поэтому не создает интерференционных свистов, появляющихся в телевизоре при использовании системы с пилот-тоном.

Подробные сведения по советской системе стереофонического радиовещания, сравнению ее с другими системами и применяемой аппаратуре можно найти в [Л. 21].

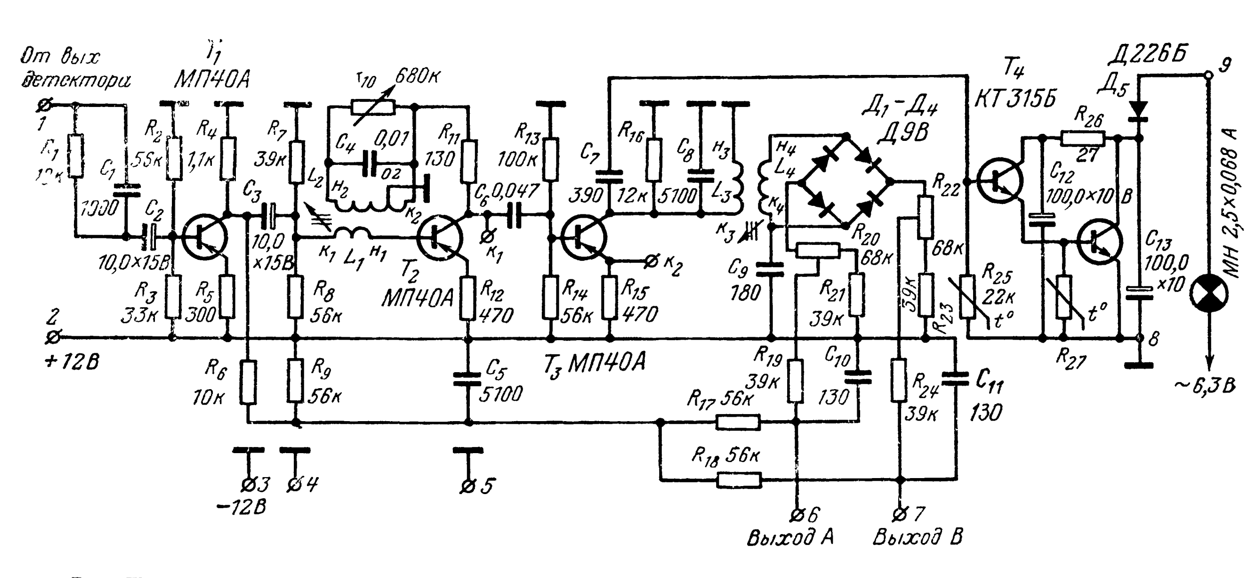


Рис. П-8. Матричный стереодекодер для системы с полярной модуляцией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Schanz G. W.** Stereo Taschenbuch. Hamburg, Philips Verlag, 1966, 148 S.

2. **Diefenbach W. W.** Praxis der Rundfunk-Stereofonie. Berlin, Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik GmbH, 1965, 124 S.

3. **Prestin U.** Praxis des Stereo-Decoder-Service. Berlin, Verlag fur Radio-Foto-Kinotechnik, GmbH, 1965, 70 S.

4. **Gabler K.** Rauschen bei Rundfunkstereofonie. — «Radio und Fernsehen», 1966, № 21.

5. **Rothe G., Spindler E.** Antennenpraxis. Berlin, Veb Verlag Technik, 1964, 204 S.

6. **Rotde U. I.** Ein Hi-Fi-Stereo-Tuner. — «Funk-Technik», 1966, № 22, S. 797—798.

7. **Rohde U. I.** Ein Hi-Fi-Stereo-Tuner. — Funk-Technik», 1966, № 23, S. 843—846.

8. **Warlund.** Stereodecoder mit interessanten Schaltungseinzelheiten. — «Radio und Fernsehen», 1965, № 14, S. 426—427.

9. **Schwab T.** Stereo-Decoder mit Silizium- oder Germanium-Tranzistoren. — «Funk-Technik», 1966, № 3, S. 88—90.

10. **Hannwald R.** Einfacher Tiefpass zur Messung der Übersprechdämpfung an Stereodecodern. —«Radio und Fernsehen», 1965, № 24, S. 765—766.

11. **Гаклин Д. И., Кононович Л. М., Корольков В. Г.** Стереофоническое радиовещание и звукозапись. М., Госэнергоиздат, 1962.

12. **Стереофония.** Сб. статей под ред. И. Е. Горона. М, «Связь», 1964.

13. **Гобземис Ю. Ю., Понилсанский В. Г.** Симфония-2. — «Радио», 1967, № 8.

14. **Гольдберг Г. М., Коновалов В. Ф.** Прием стереофонических радиопередач. М., Госэнергоиздат, 1962.

15. **Жмурин П. М.** Прием передач стереофонического радиовещания. М., «Связь», 1973.

16. **Кононович Л. М., Семенов Б. С.** Шире дорогу стереозвуку. — «Радио», 1964, № 4.

17. **Кононович Л. М.** Особенности построения высокочастотного тракта стереофонических приемников. — «Вопросы радиоэлектроники», сер. VIII, 1966, вып. 2.

18. **Кононович Л. М., Полбенникова Р. Г.** О некоторых статистических свойствах стереофонического сигнала. — «Радиотехника», 1968, т. 23, № 7.

19. **Жмурин П. М., Кононович Л. М.** Прием стереофонических передач. — «Радио», 1969, № 3.

20. **Борисенко А. В., Матвеев Г. В.** Акустическая система с расширенной зоной стереоэффекта. — «Вопросы радиоэлектроники», сер. ТРПА, 1972, вып. 1.

21. **Кононович Л. М.** Стереофоническое радиовещание. М., «Связь», 1974.

Цена 64 коп.